

TÂMARA CHAGAS DA SILVEIRA

**SILAGEM DE CAPIM-BRAQUIÁRIA CONSORCIADO COM CALOPOGÔNIO OU
ADUBADO COM NITROGÊNIO, COM INOCULANTE MICROBIANO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Karina Guimarães Ribeiro

Coorientador: Odilon Gomes Pereira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S587s
2022
Silveira, Tâmara Chagas da, 1987-
Silagem de capim-braquiária consorciado com calopogônio
ou adubado com nitrogênio, com inoculante microbiano /
Tâmara Chagas da Silveira. – Viçosa, MG, 2022.
1 tese eletrônica (52 f.): il.

Orientador: Karina Guimarães Ribeiro.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2022.
Referências bibliográficas: f. 48-52.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.633>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Capim-braquiária - Silagem. 2. *Calopogonium
mucunoides*. 3. Biodegradação. 4. Nitrogênio - Fixação.
I. Ribeiro, Karina Guimarães, 1967-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.202

TÂMARA CHAGAS DA SILVEIRA

**SILAGEM DE CAPIM-BRAQUIÁRIA CONSORCIADO COM CALOPOGÔNIO OU
ADUBADO COM NITROGÊNIO, COM INOCULANTE MICROBIANO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 20 de julho de 2022.

Assentimento:

Tâmara Chagas da Silveira
Tâmara Chagas da Silveira
Autora

Karina Ribeiro
Karina Guimarães Ribeiro
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre guiar os meus caminhos, me dando saúde e força.

Ao meu pai, pela confiança e apoio em todos os momentos. À minha mãe e as minhas irmãs, pelas orações, amor e dedicação. Aos meus tios e primos, pela torcida e apoio.

Ao meu amigo, namorado e companheiro, João Paulo, por sempre caminhar junto comigo, tanto em casa como na condução do experimento. Sua contribuição foi muito importante para a realização desse sonho. Ao meu amado filho, Hugo, pelos abraços e sorrisos me encorajando a continuar.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia e sua equipe docente, pela capacitação profissional e por disponibilizar suas instalações para condução do experimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, Karina Guimarães Ribeiro, pela orientação.

Aos membros da banca, pelas sugestões para melhoria do trabalho.

À equipe do Laboratório de Forragicultura, pela amizade, ensinamentos e apoio na realização das análises laboratoriais, pela orientação e contribuição nas análises microbiológicas.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Mário e Monteiro, pela colaboração e auxílio sempre que necessário.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

SILVEIRA, Tâmara Chagas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Silagem de capim-braquiária consorciado com calopogônio ou adubado com nitrogênio, com inoculante microbiano.** Orientadora: Karina Guimarães Ribeiro. Coorientador: Odilon Gomes Pereira.

Foram conduzidos dois ensaios para avaliação do valor nutritivo e do perfil fermentativo de silagens de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf cv. Basilisk), adubado com nitrogênio ou consorciado com calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), com ou sem o uso de inoculante microbiano. O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão em Forragicultura (UEPE-Forragicultura) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-UFV, *Campus* de Viçosa. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4×2 , sendo o capim-braquiária manejado sem aplicação de N (controle, 0N), adubado com 50 kg/ha de N (50N), adubado com 100 kg/ha de N (100N), e, em consórcio com calopogônio (LEG), com inoculante (CI) e sem inoculante (SI), no delineamento em blocos casualizados, com duas repetições de área e duas repetições de tratamento por bloco. **Ensaio 2018** - O inoculante reduziu a concentração de ácido acético (AA) nas silagens do tratamento 100N (20,1 g kg⁻¹ de MS para 12,8 g kg⁻¹ de MS). A menor concentração de ácido butírico (AB) (2,33 g kg⁻¹ de MS) foi observada na silagem de capim-braquiária adubado com 100 kg de N, sem inoculante, enquanto que, nas silagens inoculadas, os tratamentos 50N e LEG proporcionaram menores concentrações de AB em relação ao controle, sem diferirem de 100N. Silagem do tratamento 50N, não inoculada, manteve mais baixa concentração de N-NH₃ em relação aos demais. O maior valor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foi observado em silagens do tratamento 100N, quando inoculada. O uso de inoculante aumentou os valores da proteína verdadeira de rápida degradação (B1) nas silagens 50N, 100N e LEG. Maior valor da proteína indigestível (C), foi observado em silagem 0N inoculada, relativamente a não inoculada. **Ensaio 2019** - O uso de inoculante reduziu a população de mofo nas silagens. Maior concentração de PB (72,0 g kg de MS) e mais baixa concentração de NIDA foi observada em silagens produzidas com o capim-braquiária adubado com 100 kg de N (100N). As silagens inoculadas apresentaram maior concentração de PB e mais baixa de NIDA. Maiores valores da fração A foram observados nas silagens com manejos 100N e LEG. Silagens

inoculadas apresentaram maiores concentrações da fração B1 e menores concentrações da fração C. O inoculante aumentou a fração da proteína verdadeira de degradação intermediária (B2) na silagem de capim-braquiária adubado com 100 kg de N e reduziu na LEG. A adubação nitrogenada e o uso de inoculante microbiano melhoraram as características fermentativas e a composição química de silagens de capim-braquiária.

Palavras-chave: *Calopogonium mucunoides*. Degradabilidade *in situ*. Frações proteicas. Perfil fermentativo. *Urochloa decumbens*.

ABSTRACT

SILVEIRA, Tâmara Chagas, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2022. **Signal grass silage intercropped with calopogonium or fertilized with nitrogen, with microbial inoculant.** Adviser: Karina Guimarães Ribeiro. Co-adviser: Odilon Gomes Pereira.

Two trials were carried out to evaluate the nutritive value and fermentative profile of signal grass silages (*Urochloa decumbens* Stapf cv. Basilisk), fertilized with nitrogen or intercropped with calopogonium (*Calopogonium mucunoides*), with or without the use of microbial inoculant. The experiment was carried out at the Unit of Teaching Research and Extension in Forragiculture (UEPE-Forragicultura) of the Department of Animal Science at the Universidade Federal de Viçosa-UFV, *Campus* of Viçosa. The experiment was carried out in a 4 × 2 factorial scheme, with signal grass managed without N application (control, 0N), fertilized with 50 kg/ha of N (50N), fertilized with 100 kg/ha of N (100N), and in a consortium with calopogonium (LEG), with inoculant (CI) and without inoculant (SI), in a randomized block design, with two replications of area and two replications of treatment per block. **Assay 2018** - The inoculant reduced the concentration of acetic acid (AA) in the 100N treatment silages (20.1 g kg⁻¹ of DM to 12.8 g kg⁻¹ of DM). The lowest concentration of butyric acid (AB) (2.33 g kg⁻¹ DM) was observed in signal grass silage fertilized with 100 kg of N, without inoculant, while in inoculated silages, treatments 50N and LEG provided lower concentrations of AB in relation to the control, without differing from 100N. Silage from the 50N treatment, uninoculated, maintained a lower concentration of N-NH₃ in relation to the others. The highest value of acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) was observed in silages treated with 100N, when inoculated. The use of inoculant increased the values of fast-degrading true protein (B1) in 50N, 100N and LEG silages. Higher indigestible protein (C) value was observed in inoculated 0N silage, compared to non-inoculated. **Assay 2019** - The use of inoculant reduced the mold population in silages. Higher concentration of CP (72.0 g kg of DM) and lower concentration of ADIN was observed in silages produced with signal grass fertilized with 100 kg of N (100N). The inoculated silages had the highest concentration of CP and the lowest concentration of ADIN. Higher values of fraction A were observed in silages with 100N and LEG managements. Inoculated silages showed higher concentrations of fraction B1 and lower concentrations of fraction C. The inoculant increased the fraction of true protein

of intermediate degradation (B2) in signal grass silage fertilized with 100 kg of N and reduced the LEG. Nitrogen fertilization and the use of microbial inoculant improved the fermentative characteristics and the chemical composition of signal grass silages.

Keywords: *Calopogonium mucunoides*. *In situ* degradability. Protein fractions. Fermentation profile. *Urochloa decumbens*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Local, tratamentos e desenho experimental	13
2.2. Preparo das silagens e delineamento experimental	14
2.3. Perfil fermentativo	15
2.4. Quantificação das populações microbianas.....	16
2.5. Composição química e fracionamento dos compostos nitrogenados	16
2.7. Degradabilidade <i>in situ</i> de matéria seca e de fibra em detergente neutro	17
2.8. Análise estatística.....	18
3. RESULTADOS	19
3.1. Ensaio 1 (2018): transição seca-águas.....	19
3.1.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem.....	19
3.1.2. Perfil fermentativo e população microbiana das silagens	20
3.1.3. Composição química das silagens.....	23
3.1.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens	25
3.1.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca e da fibra em detergente neutro	26
3.2. Ensaio 2 (2019): transição águas-seca.....	29
3.2.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem.....	29
3.2.2. Perfil fermentativo e população microbiana das silagens	31
3.2.3. Composição química das silagens.....	33
3.2.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens	35
3.2.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca e da fibra em detergente neutro	36

4. DISCUSSÃO.....	39
4.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem.....	39
4.2. Perfil fermentativo e populações microbianas das silagens.....	42
4.3. Composição química das silagens.....	44
4.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens	45
4.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade <i>in situ</i> da matéria seca e da fibra em detergente neutro	46
5. CONCLUSÃO	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1.INTRODUÇÃO

Um dos principais entraves da produção animal a pasto, na região tropical, está associado à variação no crescimento das plantas forrageiras ao longo do ano, devido à flutuação climática. Nessa premissa, a silagem de capim produzida na estação chuvosa, a partir do próprio pasto, é uma alternativa para suprir a baixa produtividade dos pastos na época seca (Negrão et al., 2016; Li et al., 2019).

As espécies do gênero *Urochloa*, mais cultivadas no Brasil, se destacam pela adaptabilidade a solos ácidos e de baixa fertilidade e ao clima, além de proporcionar elevado rendimento de matéria seca (Teixeira et al., 2018). Todavia, o alto teor de umidade e o baixo teor de carboidratos solúveis são fatores limitantes para o processo fermentativo satisfatório da silagem de capim-braquiária, o que dificulta o rápido declínio de pH (Negrão et al., 2016; Bernardes et al., 2018). Essas condições possibilitam a ocorrência de fermentações por bactérias do gênero *Clostridium* (Kung Jr., 2018), que resulta em silagens de baixa qualidade.

O teor de matéria seca e o valor nutritivo de silagens podem ser melhorados por meio da utilização de aditivos (químicos, microbianos e sequestrantes de umidade) no momento da ensilagem (Muck et al., 2018). Os aditivos microbianos são compostos por bactérias do ácido lático homofermentativas, heterofermentativas ou combinação das mesmas. Na ensilagem, tais aditivos têm como propósito adicionar micro-organismos benéficos para dominar a fermentação, inibir o crescimento de micro-organismos aeróbios, como as leveduras, e anaeróbios, como enterobactérias e clostrídios, formar produtos finais que estimulam o consumo e a produção animal, e, ou, melhorar a recuperação de matéria seca da forragem conservada (Kung Jr., 2018).

Os inoculantes microbianos tornaram-se uma ferramenta eficaz para adicionar, ao processo de ensilagem, micro-organismos benéficos para a fermentação, com seleção de espécies com características apropriadas para as diferentes forrageiras (Fabiszewska et al., 2019). Dentre os inoculantes disponíveis no mercado, aqueles contendo cepas homofermentativas destacam-se pela alta eficiência em produzir ácido lático e, conseqüentemente, melhorar a fermentação da silagem (Soundharrajan et al., 2021). Entre as espécies mais utilizadas estão *Lactiplantibacillus plantarum* (sin. *Lactobacillus plantarum*), *Ligilactobacillus salivarius* (sin. *Lactobacillus salivarius*),

Lactobacillus acidophilus, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* e *P. pentosaceus* (Muck et al., 2018, Zheng et al., 2020).

Vários estudos avaliaram inoculantes compostos por bactérias do ácido láctico em silagens. Porém, os processos de fermentação utilizando a mesma cepa podem produzir resultados contraditórios, dependendo das características da forrageira ensilada. Assim, a escolha do inoculante de acordo com o substrato é de extrema importância para maximizar a qualidade do produto final (Carvalho et al., 2021).

Assim como as gramíneas tropicais, as leguminosas apresentam características como baixa concentração de carboidratos solúveis, baixo teor de matéria seca e alto poder tampão (Dong et al., 2019), que estão associadas a problemas de fermentação e dificuldade para estabilização do pH da massa ensilada. Considerando as características das forrageiras, tanto para gramíneas tropicais quanto para leguminosas, os inoculantes mais eficientes seriam aqueles compostos por cepas homofermentativas, as quais aceleram a redução do pH, devido à produção do ácido láctico (Muck et al., 2018; Soundharrajan et al., 2021). É importante ressaltar que a eficiência de utilização de inoculantes microbianos depende de fatores intrínsecos da planta, como teores de matéria seca, concentração de carboidratos solúveis em água e capacidade tampão, além de fatores relacionados ao manejo da planta forrageira e ao processo de ensilagem.

O nitrogênio é caracterizado por maximizar o rendimento de matéria seca de gramíneas forrageiras, por aumentar a proporção de folhas e o acúmulo de forragem (Berça et al., 2021). Logo, torna-se o principal nutriente para manutenção da produtividade e qualidade dos pastos (Gurgel et al., 2020). Após aplicação de nitrogênio, este é assimilado pela planta e associado às cadeias de carbono, que promovem o aumento dos constituintes celulares e, conseqüentemente, do vigor da rebrotação e da produção total de matéria seca das plantas, sob condições climáticas favoráveis (Galindo et al., 2017).

O fornecimento de nitrogênio pode ser feito por meio de adubos minerais e orgânicos e da fixação biológica. O processo de fixação biológica ocorre por meio de uma simbiose entre bactérias fixadoras de nitrogênio e o sistema radicular de leguminosas (Feitoza et al., 2018). Dessa forma, o consórcio de gramínea e leguminosa proporciona benefícios diretos pelo aumento do valor nutritivo da forragem (Zegler et al., 2018), que é um dos fatores de maior importância na redução de custos na produção animal, e, ou, indiretos, como a reposição do nitrogênio no solo ao longo

dos anos, melhorando a sustentabilidade do sistema (Souza et al., 2002; Kakraliya et al., 2018). Além disso, promove redução do uso de fertilizantes nitrogenados, melhora na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo (Zhao et al., 2015).

O calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) é uma leguminosa típica de cerrado, apresenta fácil adaptação a solos de baixo pH e pouco férteis (Ferreira et al., 2016). Essa leguminosa apresenta melhor adaptação em clima quente e úmido, com crescimento ótimo em ambientes com temperaturas diárias entre 24°C e 32°C e não tolera geadas (Valentim, 2010). O calopogônio é capaz de produzir de 6 a 13 t ha⁻¹ ano de massa de forragem (Casagrande et al., 2013), com digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 58 a 66% e teores de proteína bruta (PB) de 16 a 24% com base na MS (Nicodemo et al., 2015). Além disso, apresenta capacidade de fixar altas quantidades de nitrogênio atmosférico. Em um período de dois anos, o calopogônio, em associação com *Urochloa decumbens*, contribuiu com o equivalente a 416 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na região do Cerrado brasileiro (Seiffert; Zimmer, 1988). De acordo com Resende e Kondo (2001), o calopogônio é capaz de fixar entre 370 a 450 kg ha⁻¹ ano de nitrogênio, o que aumenta a disponibilidade desse nutriente para a gramínea e, conseqüentemente aumenta o teor de PB da forragem produzida.

Inúmeros trabalhos demonstram os efeitos da adubação nitrogenada sobre a produtividade e o valor nutritivo nas plantas forrageiras, bem como os efeitos obtidos em pasto consorciados. No entanto, há escassez de informações relacionadas aos efeitos do uso de adubo nitrogenado em comparação a pastos consorciados sobre a qualidade de silagens de capim-braquiária, com ou sem utilização de inoculante bacterianos. Portanto, neste estudo as hipóteses são que o fornecimento de nitrogênio via adubação química ou leguminosa altera positivamente a composição química do capim-braquiária, e em combinação com o uso de inoculante microbiano produz silagens com perfil fermentativo adequado e de melhor composição química.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo e a composição química das silagens de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf cv. Basilisk), adubado com nitrogênio ou consorciado com calopogônio, com ou sem o uso de inoculante

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local, tratamentos e desenho experimental

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão em Forragicultura (UEPE-Forragicultura) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-UFV, *Campus* de Viçosa. A cidade está localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, MG, a 657 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas 20°45'20" de latitude sul e 42°52'40" de longitude oeste. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação proposta por KÖPPEN (1948), com duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.341mm e as temperaturas máximas e mínimas de 26,8°C e 15,7°C, respectivamente.

O capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Staf. cv. Basilisk), estabelecido há aproximadamente 23 anos, foi cultivado em área experimental constituída por 16 piquetes, com aproximadamente 1.300 m² cada um, distribuídos em dois blocos, devido ao relevo medianamente ondulado do terreno.

Para a avaliação da forragem antes da ensilagem, o ensaio foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos, capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf cv. Basilisk) sem adubação nitrogenada (controle, 0N); capim-braquiária adubado com 50 kg ha⁻¹ ano de N (50N); capim-braquiária adubado com 100 kg ha⁻¹ ano de N (100N) e capim-braquiária consorciado com calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) (LEG), e duas repetições de área (dois blocos), com duas repetições de tratamento por bloco, totalizando 16 unidades experimentais.

Concomitantemente, nessa área, estava sendo conduzido um experimento de pastejo diferido, com vacas Nelore, utilizando os mesmos tratamentos. O manejo do pastejo no período chuvoso era realizado com alturas de pré- e pós-pastejo de 25 e 15 cm, respectivamente.

A correção do solo com calcário e adubações foram realizadas conforme descrito por Chaves et al. (2021). A semeadura do calopogônio (4,8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis) nos piquetes para consórcio foi realizada em dezembro de 2017. A fonte de nitrogênio utilizada nos piquetes que receberam a adubação química

foi a ureia, aplicada nos pastos em 06 de março de 2017 e de 2018, no início da vedação dos pastos no experimento de pastejo diferido nesses anos.

Foram realizados dois ensaios para o presente estudo, em diferentes períodos, nos anos 2018 (transição seca-águas) e 2019 (transição águas-seca). Os dados das temperaturas máximas, médias e mínimas, bem como a precipitação pluviométrica, durante os períodos de crescimento das plantas para ensilagem, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Pluviosidade e temperaturas máximas, médias e mínimas, nos períodos de crescimento das plantas (do pós-pastejo à data de ensilagem)

Período de crescimento	Variáveis			
	Precipitação (mm)	T° máxima (°C)	T° média (°C)	T° mínima (°C)
27/06/18* a 14/11/18	360,2	25,7	18,8	14,3
24/01/19* a 28/03/19	286,8	29,9	22,9	18,8

* Data final de pastejo.

Antes da ensilagem, foram coletadas quatro amostras de forragem, ao acaso, dos pastos consorciados, usando-se molduras de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) e cortando-se a 2 cm do solo a forragem contida no interior da moldura, utilizando-se tesouras de poda, para estimar os percentuais de leguminosa da pastagem.

Antes da ensilagem, nos anos 2018 e 2019, os piquetes ficaram sem pastejo por aproximadamente 140 e 63 dias, respectivamente. As alturas médias registradas no momento de colheita para ensilagem foram 66,2; 68,9; 73,72 e 64,43 cm, e, 74,9; 77,8; 77,4 e 80,5 cm, para os tratamentos 0N, 50N, 100N e LEG, respectivamente, em 2018 e 2019. As diferenças sazonais no crescimento das pastagens podem ser explicadas em função das diferenças nas temperaturas mínimas entre os dois anos de experimento, pois mais elevadas alturas foram obtidas no segundo ano, em que a temperatura mínima não era limitante ao crescimento, embora com mais baixa pluviosidade (Tabela 1).

2.2. Preparo das silagens e delineamento experimental

A forragem de cada piquete foi colhida a 5 cm do solo, com auxílio de roçadora costal. Em seguida, a forragem foi triturada em máquina forrageira estacionária

(modelo PN Plus 2000, Nogueira S.A., São João da Boa Vista, Brazil) em tamanho médio de partícula de 1,5 cm. Foram preparados dois montes de 8 kg de forragem de cada piquete, totalizando 32 montes, e aplicado inoculante em 16 deles.

Foi utilizado o inoculante comercial Sil-All 4x4 (*Lallemand Brasil Ltda*®), contendo em sua composição as cepas *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus salivarius*, *Enterococcus faecium* e quatro enzimas (amilase, celulase, hemicelulase e xilanase). A taxa de aplicação utilizada foi 10^5 log ufc g⁻¹ de forragem, conforme recomendação do fabricante. O inoculante foi previamente diluído em 100 mL de água e pulverizado na forragem. A mesma quantidade de água foi aplicada nos montes que não receberam o inoculante. Após homogeneização, a forragem foi ensilada em baldes plásticos com capacidade de 12 kg, com densidade de aproximadamente 600 kg de MN/m³. Em seguida, os baldes foram vedados e armazenados em área coberta, em temperatura ambiente, durante 60 dias.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 × 2 sendo o capim-braquiária manejado sem aplicação de N (controle, 0N); adubado com 50 kg de N (50N), adubado com 100 kg de N (100N) e em consórcio com calopogônio (LEG), com inoculante (CI) e sem inoculante (SI), no delineamento em blocos casualizados, com duas repetições de área (dois blocos) e duas repetições de tratamento por bloco, totalizando 32 unidades experimentais para cada ensaio.

2.3. Perfil fermentativo

A mensuração do pH da forragem antes da ensilagem e da silagem foi realizada por meio de peagâmetro digital (Tecnal, SP, Brazil), utilizando o extrato aquoso (25 g amostra/225 mL de Ringer Solution®), conforme descrito por Kung Jr. (1996). Do extrato aquoso obtido, uma alíquota de 15 mL foi coletada, filtrada em papel de filtro Whatman 54 (Whatman, Florham, NJ) e acondicionada em tubos, nos quais foram adicionados 100 µL de solução de ácido sulfúrico (50%). Posteriormente, foi realizado o congelamento das amostras, para análises dos ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, propiônico e butírico) e etanol, em HPLC (High-Performance Liquid Chromatograph) (THERMO, ACCELLA PDA model), conforme descrito por Siegfried et al. (1984), e de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (Okuda et al., 1965).

2.4. Quantificação das populações microbianas

Para quantificação das populações de micro-organismos da forragem antes da ensilagem e das silagens, 10 mL do extrato aquoso (25 g de amostra/250 mL de solução salina estéril) foi submetido a diluições seriadas, variando de 10^{-2} a 10^{-7} . O cultivo dos micro-organismos foi realizado em placas de *Petri* estéreis, em meio de cultura seletivo, para os diferentes grupos microbianos. Foi utilizado MRS Ágar, para cultivo de BAL; Violet Red Bile, para enterobactérias, e PDA (Potato Dextrose Ágar), acrescido com 1,5% de ácido tartárico a 10%, para mofos e leveduras, utilizando-se a técnica de plaqueamento *pour-plate*.

As placas foram incubadas em estufa BOD, com temperatura e período determinado para cada grupo de micro-organismo: enterobactérias, 37°C durante 24 horas; BAL, 37°C durante 48 horas; leveduras e mofos, 25°C durante 72 e 120 horas, respectivamente. Ao final do tempo de incubação, a contagem foi realizada com auxílio de um contador de colônia manual (Phoenix® Modelo CP 608). Foram passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação e interpretação dos dados, os resultados obtidos foram convertidos para base logarítmica (Log_{10} UFC).

2.5. Composição química e fracionamento dos compostos nitrogenados

Para avaliação da composição química da forragem antes da ensilagem e das silagens, foram coletadas amostras de aproximadamente 300 g, que foram submetidas à retirada parcial da umidade, em estufa com ventilação forçada de ar, a 55 °C, até atingir massa constante. Posteriormente, as amostras foram processadas em moinho de facas, tipo “Willey”, com peneira de crivo de 1 mm. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foram determinados, de acordo com metodologias descritas por Detmann et al. (2012), e de carboidratos solúveis em água conforme Nelson (1944).

A estimativa dos compostos nitrogenados foi realizada conforme descrito por Licitra et al. (1996), onde a fração A (NNP) foi obtida pela diferença entre o N total e o

N insolúvel em ácido tricloroacético, após tratamento de aproximadamente 500 mg de amostra com 50 mL de água destilada, que permaneceu em repouso por 30 minutos e, em seguida, foram adicionados 10 mL de ácido tricloroacético (TCA), a 10%, por mais 30 minutos. O resíduo foi filtrado em papel-filtro (Whatman, n° 54) e lavado com água para determinação do N residual.

O N insolúvel total foi determinado após tratamento de 500 mg da amostra com 50 mL da solução TBF (tampão borato-fosfato), durante 3 h. Após filtragem, o N retido foi quantificado. Dessa forma, pela diferença entre o N total e o N insolúvel total foi possível obter o N solúvel total (NNP + proteína solúvel), do qual foi descontado a fração A (NNP) para obtenção da fração B1.

A fração B3 foi calculada pela diferença entre o N insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o N insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C foi considerada como N insolúvel em detergente ácido (NIDA), e a fração B2 foi determinada pela diferença entre o N total e as frações A, B1, B3 e C.

2.7 Degradabilidade *in situ* de matéria seca e de fibra em detergente neutro

Para o ensaio de degradabilidade *in situ*, foram pesadas amostras de aproximadamente 5 g, com tamanho de partículas de 2 mm, e acondicionadas em sacos de náilon (17 x 10 cm), com porosidade de 40 µm, previamente pesados. Um saco de cada tratamento foi incubado em três animais adultos, com peso médio de 450 kg, providos de fístula ruminal, nos intervalos de tempo 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Os sacos foram colocados em ordem inversa, ou seja, do maior para o menor tempo de incubação, e retirados simultaneamente para lavagem, juntamente com os sacos referentes ao tempo 0, que não foram incubados. Após retirados do rúmen, os sacos foram lavados em água corrente até o clareamento dos mesmos. Em seguida, foram mantidos durante 72 horas, em estufa com ventilação forçada de ar, a 55°C, e novamente pesados. Posteriormente, os sacos foram abertos e os resíduos analisados quanto aos teores de MS e FDN, conforme descrito por Detmann et al. (2012).

Para estimativa dos parâmetros cinéticos de degradação da MS, foi utilizada a equação proposta por Ørskov & McDonald (1979): $D_t = a + b \times (1 - e^{-ct})$, em que: D_t = fração degradada no tempo t (%); a = fração solúvel em água (%); b = fração insolúvel potencialmente degradável (%); c = taxa de degradação da fração b ; e t = tempo de

incubação (h). O cálculo da degradabilidade efetiva (DE) foi obtido utilizando-se a fórmula $DE = a + (b \times c)/(c + k)$, em que k é a taxa de passagem de partículas pelo rúmen, em que foram considerados os valores de 2, 5 e 8% (Ørskov & McDonald, 1979).

Para a fração fibrosa (FDN), foi utilizado o modelo proposto por Waldo et al. (1972), de acordo com a fórmula: $\hat{Y} = b \times e^{(-ct)} + I$, em que Y é o resíduo não degradável no tempo t (%); b, a fração potencialmente degradável da fibra (%); c, a taxa de degradação de b (h⁻¹); t, o período de incubação (h-1), e, I, a fração insolúvel e não degradável.

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos para a forragem antes da ensilagem foram analisados no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste 'Tukey'. Os dados obtidos para a silagem foram analisados em esquema fatorial, no delineamento em blocos casualizados, com dois blocos e duas repetições de tratamento por bloco. No modelo, os diferentes manejos, os inoculantes, bem como a interação entre os fatores foram considerados efeitos fixos e os blocos efeito variável. Após análise de variância dos dados, as interações significativas entre os fatores foram desdobradas e as medias comparadas pelo teste F e 'Tukey'. Adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro do tipo I, por intermédio do PROC MIXED do SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC)

3. RESULTADOS

3.1. Ensaio 1 (2018): transição seca-águas

3.1.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem

Em média, as pastagens em consórcio foram compostas por 91% de gramínea e 9% de calopogônio. Os efeitos do manejo da adubação sobre a composição química, população microbiana e pH do capim-braquiária, antes da ensilagem, são apresentados na Tabela 2.

As variáveis MS ($p=0,5801$), FDA ($p=0,3331$), CHO ($p=0,7665$), enterobactérias ($p=0,4203$) e pH ($p=0,6442$), não foram afetadas ($p>0,05$) pelos tratamentos, enquanto que os teores de PB ($p=0,0002$), FDNcp ($p=0,0095$), NIDN ($p=0,0025$), NIDA ($p=0,0235$) e as populações de BAL ($p<0,0001$), levedura ($p=0,6670$) e mofo ($p=0,6469$) foram afetados ($p<0,05$) pelos diferentes manejos da forragem (Tabela 2).

Os teores médios de MS e CHO da forragem foram 213 g kg^{-1} de MN e $22,71 \text{ g kg}^{-1}$ de MS, respectivamente (Tabela 2). A maior concentração de PB foi de 106 g kg^{-1} de MS no tratamento LEG, quando comparada aos tratamentos 0N ($66,5 \text{ g kg}^{-1}$ de MS), 50N ($73,5 \text{ g kg}^{-1}$ de MS) e 100N ($80,7 \text{ g kg}^{-1}$ de MS). Maiores concentrações de FDNcp foram obtidas nos tratamentos 100N e 50N, em comparação ao tratamento LEG e semelhantes ao tratamento 0N (Tabela 2). O tratamento controle (0N) apresentou menor valor de NIDN, em comparação aos tratamentos 50N e 100N e LEG. Maior concentração de NIDA (8,51%) foi obtida no tratamento LEG, em comparação aos tratamentos 0N e 100N (Tabela 2).

Para as populações microbianas, a menor população de BAL ($5,53 \text{ log ufc g}^{-1}$) de forragem foi observada no tratamento 0N, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 2). Para as populações de enterobactérias, leveduras e mofo, que não foram afetadas pelos tratamentos ($p>0,05$), foram registradas médias de 7,27; 5,64 e 5,50 log ufc g^{-1} de forragem, respectivamente. Não houve efeito dos tratamentos no pH da forragem antes da ensilagem, que apresentou valor médio 5,97 (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição química (g kg⁻¹ de MS), população microbiana (log ufc g⁻¹ de forragem) e pH de capim-braquiária com diferentes manejos antes da ensilagem

Item ¹	Manejo ²				EPM ³	P-valor
	0N	50N	100N	LEG		
MS (g kg ⁻¹ MN)	220	206	213	214	3,8136	0,5801
PB	66,5 ^b	73,5 ^b	80,7 ^b	106 ^a	2,4916	0,0002
FDNcp	653 ^{ab}	662 ^a	674 ^a	621 ^b	6,5540	0,0095
FDA	367	367	384	368	3,7312	0,3331
CHO	21,3	22,3	23,3	24,1	0,9530	0,7665
NIDN (% NT)	19,3 ^b	25,1 ^a	25,7 ^a	23,1 ^a	0,7961	0,0025
NIDA (%NT)	6,78 ^b	7,31 ^{ab}	6,90 ^b	8,51 ^a	0,2375	0,0235
BAL	5,53 ^c	6,55 ^a	6,18 ^b	6,20 ^b	0,0966	<0,001
Enterobactéria	7,18	7,64	7,16	7,09	0,1368	0,4203
Levedura	5,54	5,59	5,59	5,85	0,0871	0,6670
Mofo	5,50	5,41	5,58	5,52	0,0778	0,6469
pH	5,85	6,05	5,92	6,04	0,0671	0,6442

¹PB= proteína bruta; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA= fibra em detergente ácido; CHO= carboidratos solúveis em água; NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; BAL= bactérias do ácido lático.

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³EPM= erro padrão da média

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey.

3.1.2. Perfil fermentativo e população microbiana das silagens

Houve efeito da interação M × I (p<0,05) para as variáveis ácido acético (p=0,0275), ácido butírico (p=0,0008), etanol (0,0096) e nitrogênio amoniacal (0,0215) (Tabela 3), enquanto que as variáveis pH e ácido lático (AL) não foram afetados (p<0,05) pelos fatores estudados, com valores médios de 4,86 e 24,6 g kg⁻¹ de MS, respectivamente (Tabela 3).

Ao observar as silagens não inoculadas, o manejo de 100N apresentou maior concentração de AA comparado ao tratamento 0N e semelhante aos tratamentos 50N e LEG (Tabela 3), enquanto que nas silagens inoculadas, maior concentração desse ácido foi obtida no manejo LEG, em comparação ao tratamento 0N e 100N, sem diferir de 50N. Ao avaliar o efeito do uso de inoculante em cada manejo, verificou-se redução (20,05 g kg⁻¹ de MS para 12,83 g kg⁻¹ de MS) da concentração de AA, apenas na silagem de capim-braquiária adubado com 100 kg de N (Tabela 3).

Entre as silagens não inoculadas, a menor concentração de AB (2,33 g kg⁻¹ de MS) foi observada nas silagens de capim-braquiária adubado com 100 kg de N. Nas silagens inoculadas, o tratamento 0N apresentou maior concentração de ácido butírico, em comparação aos tratamentos 50N e LEG. O uso de inoculante reduziu

($p < 0,05$) as concentrações de AB nos tratamentos 50N e LEG e as concentrações de etanol (ET) nos tratamentos 0N, 50N e LEG, em ralação às silagens não inoculadas (Tabela 3).

A população de BAL não foi afetada ($p > 0,05$) pelos fatores estudados, enquanto que o uso de inoculante proporcionou redução ($p = 0,0077$) na população de enterobactérias. Não foram detectadas populações de mofo e leveduras nas silagens avaliadas no presente estudo (Tabela 3).

Silagens não inoculadas, produzidas com capim-braquiária dos tratamentos 100N e LEG, apresentaram maiores concentrações de $N-NH_3$ em comparação aos tratamentos 0N e 50N. Todavia, em silagens inoculadas, o menor valor para essa variável foi obtido no tratamento 0N, em comparação aos demais (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias de perfil fermentativo e população microbiana (log ufc g⁻¹ de forragem) de silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³									
		pH	AL (g kg ⁻¹ de MS)	AA (g kg ⁻¹ de MS)	AB (g kg ⁻¹ de MS)	ET (g kg ⁻¹ de MS)	N-NH ₃ (%NT)	BAL	ENT	LEV	Mofo
SI	0N	4,90	21,5	13,5 ^{ba}	7,90 ^{aA}	10,38 ^{aA}	13,7 ^{bcA}	7,63	3,17	ND	ND
	50N	4,85	26,9	14,8 ^{abA}	5,97 ^{aA}	9,41 ^{abA}	12,5 ^{cB}	8,08	3,91	ND	ND
	100N	4,77	20,9	20,0 ^{aA}	2,33 ^{bB}	6,47 ^{ba}	18,1 ^{aA}	7,98	ND	ND	ND
	LEG	4,90	24,3	17,8 ^{abA}	7,60 ^{aA}	10,75 ^{aA}	16,0 ^{abA}	7,54	3,04	ND	ND
CI	0N	4,91	27,9	13,4 ^{ba}	7,77 ^{aA}	7,85 ^{aB}	13,4 ^{ba}	8,00	2,58	ND	ND
	50N	4,86	22,9	15,5 ^{abA}	2,77 ^{bB}	4,88 ^{bB}	16,7 ^{aA}	7,88	2,84	ND	ND
	100N	4,95	24,8	12,8 ^{bb}	4,87 ^{abA}	7,65 ^{abA}	16,9 ^{aA}	7,62	3,41	ND	ND
	LEG	4,76	27,6	20,3 ^{aA}	2,55 ^{bB}	7,50 ^{abB}	16,9 ^{aA}	8,03	2,98	ND	ND
EPM ¹		0,0646	1,3311	1,0998	0,6616	0,5945	0,4499	0,1276	0,2046	-	-
Média geral para inoculante (I)											
SI		4,85	23,10	16,46	5,94	9,25	15,06	7,81	3,37a	ND	ND
CI		4,87	26,00	15,33	4,48	6,97	15,96	7,87	2,91b	ND	ND
Média geral para manejo (M)											
0N		4,90	24,69	13,44	7,83	9,11	13,51	7,81	2,82	ND	ND
50N		4,86	24,90	15,07	4,37	7,14	14,56	7,99	3,30	ND	ND
100N		4,86	22,57	16,96	3,59	7,06	17,50	7,80	3,41	ND	ND
LEG		4,83	25,93	19,08	5,07	9,12	16,46	7,79	3,01	ND	ND
P-valor											
I		0,8384	0,1762	0,3672	0,0188	0,0005	0,1319	0,6135	0,0077	-	-
M		0,9199	0,5868	0,0130	0,0004	0,0127	0,0002	0,7804	0,1028	-	-
M × I		0,5875	0,1563	0,0275	0,0008	0,0096	0,0215	0,1666	0,1276	-	-

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³AL= ácido lático; AA= ácido acético; AB= ácido butírico; ET= etanol; N-NH₃= nitrogênio amoniacal; BAL= bactérias do ácido lático; ENT= enterobactérias; LEV= leveduras. ND= não detectado (<10²)
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.1.3. Composição química das silagens

Ao avaliar a composição química das silagens, foi observado efeito ($p < 0,05$) da interação $M \times I$ para NIDA ($p = 0,0110$) e NIDN ($p = 0,0375$) e efeito ($p < 0,05$) do M para as variáveis, PB ($p = 0,0547$) e FDNcp ($p = 0,0309$). As concentrações de MS, FDA e FDNi não foram afetadas ($p > 0,05$) pelos fatores avaliados (Tabela 4).

Maior teor de PB ($52,99 \text{ g kg}^{-1}$ de MS) foi obtido no tratamento LEG, em comparação ao tratamento 0N (Tabela 4). Maior teor de FDNcp foi observado nas silagens de capim-braquiária adubado com 50 kg de N, em comparação ao tratamento 100N. Maior teor de NIDN foi obtido nas silagens de capim-braquiária inoculado e adubado com 100 kg de N, em comparação aos tratamentos 50N e LEG. O uso de inoculante aumentou o teor de NIDN nas silagens de capim-braquiária sem adubação nitrogenada. Maior teor de NIDA foi observado no tratamento 100N, em relação aos demais, em silagens inoculadas.

Tabela 4- Médias da composição química (g kg⁻¹ de MS) das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³						
		MS (g kg ⁻¹ de MN)	PB	FDNcp	FDA	NIDN (% NT)	NIDA (% NT)	FDNi
SI	0N	202	45,8	651	380	18,3 ^{aB}	7,96 ^{aB}	202,30
	50N	205	47,7	640	384	17,6 ^{aA}	10,4 ^{aA}	202,90
	100N	189	51,9	656	380	21,9 ^{aA}	9,97 ^{aB}	189,06
	LEG	212	52,6	640	385	18,3 ^{aA}	8,83 ^{aA}	221,97
CI	0N	205	45,8	665	394	22,9 ^{aA}	11,4 ^{bA}	201,15
	50N	207	50,6	679	386	17,5 ^{bA}	9,97 ^{bA}	194,05
	100N	182	48,7	636	386	22,4 ^{aA}	15,2 ^{aA}	196,36
	LEG	217	53,4	642	384	16,8 ^{bA}	8,96 ^{bA}	191,70
EPM ¹		6,8256	1,2053	5,1616	2,2901	0,8888	0,8469	0,5350
Média geral para inoculante (I)								
SI		202	49,5	647	382	19,0	9,30	205
CI		203	49,6	656	388	19,9	11,4	196
Média geral para manejo (M)								
0N		203	45,8 ^b	658 ^{ab}	387	20,6	9,69	202
50N		206	49,2 ^{ab}	668 ^a	385	17,5	10,2	198
100N		186	50,3 ^{ab}	638 ^b	383	22,1	12,6	193
LEG		214	52,9 ^a	641 ^{ab}	385	18,4	8,90	207
<i>P</i> -valor								
I		0,9022	0,9576	0,2509	0,2968	0,2705	0,0026	0,1713
M		0,0967	0,0547	0,0309	0,9464	0,0008	0,0031	0,4371
M × I		0,9439	0,6587	0,6011	0,7256	0,0375	0,0110	0,1696

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; FDA= fibra em detergente ácido; NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.1.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens

As frações A ($p=0,0062$), B1 ($p=0,0009$), B2 ($p<0,0001$) e C ($p=0,0129$) foram afetadas ($p<0,05$) pela interação $M \times I$, enquanto que a fração B3 ($p=0,0408$) foi afetada pelo manejo (Tabela 5). Nas silagens inoculadas, o maior valor da fração A foi registrado quando o capim-braquiária foi manejado com 50 kg de N, em comparação aos demais. O uso de inoculante nas silagens 0N e 100 N reduziu o valor da fração A (Tabela 5).

Ao avaliar as silagens não inoculadas, foi observado maior concentração da fração B1 para o tratamento LEG, em comparação aos tratamentos 0N e 50N, enquanto que, nas silagens inoculadas, o tratamento 0N apresentou menor concentração dessa fração (Tabela 5). O uso de inoculante aumentou as concentrações da fração B1, nas silagens sob manejos 50N, 100N e LEG, em comparação às silagens não inoculadas (Tabela 5).

Silagem de capim-braquiária adubado com 50 kg de N e inoculado, apresentou menor concentração da fração B2 (8,46%), quando comparada à silagem não inoculada, sob o mesmo manejo (22,3%). Ao avaliar o manejo nas silagens não inoculadas, observou-se maior concentração da fração B2 no tratamento 50N, em comparação aos demais manejos. Para as silagens inoculadas, o manejo 0N proporcionou maior concentração dessa variável em relação aos demais (Tabela 5).

A concentração da fração C aumentou com o uso de inoculante, para as silagens de capim-braquiária nos tratamentos 0N e 100N. Entre as silagens inoculadas, o manejo 100N proporcionou mais alta fração C em relação aos manejos 50 N e LEG (Tabela 5).

Tabela 5- Frações dos compostos nitrogenados (%NT) das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³				
		A	B1	B2	B3	C
SI	0N	55,6 ^{aA}	10,8 ^{bcA}	16,3 ^{bA}	9,88	7,50 ^{aB}
	50N	53,0 ^{aA}	7,28 ^{cB}	22,3 ^{aA}	6,94	10,6 ^{aA}
	100N	54,9 ^{aA}	13,9 ^{abB}	9,24 ^{cA}	11,9	10,0 ^{aB}
	LEG	52,7 ^{aA}	16,1 ^{aB}	12,8 ^{bcA}	9,48	8,84 ^{aA}
CI	0N	50,7 ^{bB}	8,2 ^{bA}	18,3 ^{aA}	11,4	11,4 ^{abA}
	50N	57,4 ^{aA}	16,7 ^{aA}	8,46 ^{bB}	7,34	10,3 ^{bA}
	100N	47,1 ^{bB}	19,5 ^{aA}	9,97 ^{bA}	8,77	13,7 ^{aA}
	LEG	49,3 ^{bA}	21,2 ^{aA}	11,5 ^{bA}	9,28	8,52 ^{bA}
EPM ¹		1,1173	0,9772	0,4682	0,7026	0,8469
Média geral para inoculante (I)						
SI		54,1	12,0	15,1	9,55	9,25
CI		51,1	16,4	12,1	9,19	10,9
Média geral para manejo (M)						
0N		53,1	9,51	17,3	10,6 ^a	9,45
50N		55,2	12,0	15,3	7,15 ^b	10,44
100N		51,0	16,7	9,61	10,4 ^{ab}	11,88
LEG		51,0	18,6	12,2	9,38 ^{ab}	8,67
P-valor						
I		0,0129	<0,001	0,0003	0,6648	0,0060
M		0,0365	<0,001	<0,0001	0,0408	0,0045
M × I		0,0062	0,0009	<0,0001	0,2981	0,0129

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³A= nitrogênio não protéico, B1= proteína verdadeira de degradação enzimática rápida, B2= proteína verdadeira de degradação enzimática intermediária, B3= proteína verdadeira de degradação enzimática lenta, C= proteína indigestível.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.1.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro

As variáveis b (p=0,0037) e c (p=0,0209) e as degradabilidades potencial (DP) (p=0,0047) e efetiva com taxa de passagem a 2% (DE2) (p=0,0006) da MS foram afetadas (p<0,05) pela interação M × I. A fração a, e a degradabilidade efetiva com taxa de passagem de 8% (DE8) não foram afetadas (p>0,05) pelos fatores estudados

e a degradabilidade efetiva com taxa de passagem de 5% (DE5) foi afetada ($p=0,0247$) apenas pelo inoculante microbiano (Tabela 6).

O uso de inoculante resultou em silagens com maiores concentrações da fração b e DE2, nos manejos 0N e 100N, em comparação às silagens não inoculadas (Tabela 6). Ao avaliar o manejo em cada inoculante, verificou-se que o tratamento 100N apresentou menor concentração da fração b, quando comparado aos demais manejos (0N, 50N e LEG), em silagens não inoculadas (Tabela 6).

A concentração da fração c reduziu com o uso de inoculante nas silagens de capim-braquiária manejados com 100 kg de N (0,0178%), em relação às silagens 100N não inoculadas (0,0269%) (Tabela 6)

A DP foi maior nas silagens inoculadas, produzidas com capim-braquiária manejado com 0N, 50N e 100N, quando comparadas às silagens não inoculadas, com os mesmos manejos de adubação. Não houve diferença para essa variável no tratamento LEG, ao comparar silagem inoculada e não inoculada (Tabela 6). Silagens produzidas com capim adubado com 100 kg de N e não inoculado apresentaram menor DP, em relação aos demais manejos (0N, 50N e LEG).

Ao observar os parâmetros da degradação da FDN (Tabela 7), verificou-se efeito ($p<0,05$) da interação $M \times I$ apenas para a fração c ($p=0,0081$). Silagem controle (0N) inoculada apresentou maior valor para a fração c, em relação à silagem não inoculada. Não foi verificado diferença entre as silagens não inoculadas, nos diferentes manejos (Tabela 7). Entre as silagens inoculadas, todos os manejos proporcionaram mais baixo valor para a fração c, em relação as silagens de capim-braquiária não adubado (0N).

Não foram verificados efeitos ($p>0,05$) dos fatores estudados sobre as variáveis b e I estimadas pelo modelo, registrando-se valores médios de 69,5% e 29,6%, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 6- Parâmetros da degradação e degradabilidade *in situ* da matéria seca de silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem de inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³						
		a (%)	b (%)	c (%/h)	DP	DE ₂	DE ₅	DE ₈
SI	0N	16,7	59,0 ^{aB}	0,0166 ^{bA}	75,7 ^{aB}	43,4 ^{aB}	31,4	26,8
	50N	17,6	61,6 ^{aA}	0,0159 ^{bA}	78,7 ^{aB}	43,9 ^{aA}	31,3	26,9
	100N	16,1	43,2 ^{bB}	0,0269 ^{aA}	59,3 ^{bB}	40,6 ^{bB}	31,1	26,9
	LEG	15,7	62,9 ^{aA}	0,0158 ^{bA}	78,6 ^{aA}	42,9 ^{aA}	30,5	25,8
CI	0N	15,2	69,6 ^{aA}	0,0155 ^{aA}	84,8 ^{aA}	45,4 ^{abA}	31,6	26,5
	50N	18,2	70,1 ^{aA}	0,0114 ^{aA}	88,4 ^{aA}	43,8 ^{bA}	31,3	27,0
	100N	15,7	65,7 ^{aA}	0,0178 ^{aB}	81,4 ^{aA}	46,4 ^{aA}	32,8	27,6
	LEG	15,1	60,5 ^{aA}	0,0179 ^{aA}	76,0 ^{aA}	44,1 ^{bA}	31,9	26,9
EPM ¹		0,3946	2,7223	0,0017	2,8404	0,6191	0,3299	0,2520
Média geral para inoculante (I)								
SI		16,4	56,1	0,0188	72,5	42,5	31,0 ^b	26,6
CI		15,9	66,8	0,0161	82,7	45,3	31,9 ^a	26,9
Média geral para manejo (M)								
0N		15,9	64,3	0,0161	80,2	44,4	31,5	26,6
50N		17,9	65,9	0,0130	83,8	43,5	31,3	26,9
100N		15,9	54,4	0,0223	70,3	43,5	31,9	27,2
LEG		15,4	61,9	0,0172	77,3	43,6	31,1	26,2
P-valor								
I		0,7176	0,0003	0,0192	0,0003	<0,0001	0,0247	0,3857
M		0,1040	0,0036	0,0011	0,0022	0,2176	0,1126	0,1162
M × I		0,4114	0,0037	0,0209	0,0047	0,0006	0,0759	0,4433

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³a= fração solúvel; b= fração potencialmente degradável; c= taxa de degradação da fração b; DP= degradabilidade potencial; DE= degradabilidade efetiva; DE₂= degradabilidade efetiva com taxa de passagem a 2%; DE₅= degradabilidade efetiva com taxa de passagem a 5%; degradabilidade efetiva com taxa de passagem a 8%.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

Tabela 7- Parâmetros da degradação da fibra em detergente neutro das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³		
		b (%)	c (%/h)	l (%)
SI	0N	75,9	0,0172 ^{aB}	23,2
	50N	68,8	0,0143 ^{aA}	29,1
	100N	64,6	0,0166 ^{aA}	35,4
	LEG	71,5	0,0196 ^{aA}	27,9
CI	0N	66,0	0,0324 ^{aA}	32,6
	50N	73,7	0,0178 ^{bA}	25,9
	100N	69,0	0,0223 ^{bA}	28,8
	LEG	66,3	0,0153 ^{bA}	33,6
EPM ¹		1,3218	0,0009	1,4162
Média geral para inoculante (I)				
SI		70,8	0,0171	28,3
CI		68,5	0,0231	30,3
Média geral para manejo (M)				
0N		71,0	0,0248	27,9
50N		71,2	0,0164	27,5
100N		67,2	0,0202	31,5
LEG		68,9	0,0173	30,7
P-valor				
I		0,5145	0,0096	0,5428
M		0,4326	0,0103	0,3896
M × I		0,0677	0,0081	0,6560

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³b= fração potencialmente degradável; c= taxa de degradação da fração b; l= fração indegradável

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.2. Ensaio 2 (2019): transição águas-seca

3.2.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem

Em média, as pastagens em consórcio do tratamento LEG, foram compostas por 91,2% de gramínea e 8,8% de calopogônio.

O manejo da adubação afetou (p<0,05) as concentrações de MS (p=0,0016), PB (p<0,0001) e NIDA (p<0,0001) e as populações de BAL (p=0,00031, levedura (p=0,0407) e mofo (p=0,0692) (Tabela 8). O tratamento controle (0N) apresentou

maior teor de MS (264 g kg⁻¹ de MN) e menor teor de PB (48,9 g kg⁻¹ de MS), em comparação aos demais tratamentos. A concentração de PB aumentou no capim-braquiária de acordo com o aumento da dose de nitrogênio aplicada (Tabela 8). A maior concentração de PB (93,5 g kg⁻¹ de MS) foi observada no tratamento LEG em comparação aos demais. Maior concentração de NIDA foi obtida no capim não adubado (0N) e menor concentração no capim adubado com 50 kg de N, quando comparados aos demais tratamentos. Não houve efeito do manejo para as variáveis FDNcp, FDA, CHO e NIDN, com valores médios registrados de 647; 378; 22,3 g kg de MS e 23,8%, respectivamente (Tabela 8).

Para as populações microbianas, as maiores populações de BAL foram observadas nos tratamentos 100N e LEG, em relação ao tratamento 0 N (Tabela 8). Os tratamentos 0N e 50N apresentaram maiores populações de levedura, em relação aos tratamentos 100N e LEG. Menor população de mofo foi registrada no tratamento 100N, em comparação aos tratamentos 0N e 50N (Tabela 8).

A população de enterobactérias e o pH da forragem antes da ensilagem não foram afetados pelos diferentes manejos, com valores registrados de 7,32 log ufc g⁻¹ de forragem e 6,1, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8- Composição química (g kg⁻¹ de MS), população microbiana (log ufc g⁻¹ de forragem) e pH da forragem com diferentes manejos antes da ensilagem

Item ¹	Manejo ²				EPM ³	P-valor
	0N	50N	100N	LEG		
MS (g kg ⁻¹ MN)	264 ^a	233 ^b	211 ^b	218 ^b	6,2796	0,0016
PB	48,9 ^d	62,9 ^c	76,5 ^b	93,5 ^a	2,8344	<0,0001
FDNcp	665	648	648	628	5,5211	0,1314
FDA	383	380	373	376	3,0402	0,7221
CHO	21,9	24,7	24,5	18,1	1,0562	0,0749
NIDN (% NT)	23,9	23,4	22,8	24,9	0,5604	0,6816
NIDA (%NT)	11,9 ^a	7,32 ^c	8,87 ^b	8,77 ^b	0,4453	<0,0001
BAL	7,47 ^{bc}	7,00 ^c	8,06 ^a	7,80 ^a	0,1226	0,0031
Enterobactéria	7,17	6,98	7,62	7,49	0,1034	0,0959
Levedura	6,02 ^a	5,89 ^a	5,72 ^b	5,67 ^b	0,0407	0,0004
Mofo	5,64 ^a	5,52 ^{ab}	5,08 ^c	5,29 ^{bc}	0,0692	0,0063
pH	6,03	6,03	6,16	6,16	0,0491	0,6445

¹PB= proteína bruta; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDA= fibra em detergente ácido; CHO= carboidratos solúveis em água; NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; BAL= bactérias do ácido lático.

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³EPM= erro padrão da média

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey.

3.2.2. Perfil fermentativo e população microbiana das silagens

Não houve efeito ($p>0,05$) da interação $M \times I$ para perfil fermentativo e população microbiana das silagens. O pH médio observado nas silagens foi 4,94, enquanto o teor de N amoniacal, em relação ao N total, foi de 17,2% e ambos não foram afetados ($p>0,05$) pelos fatores avaliados no estudo (Tabela 9).

As concentrações de AL ($p=0,0196$) e AA ($p=0,0113$) foram afetadas ($p<0,05$) apenas pelo manejo (M) (Tabela 9). A menor concentração de AL foi observada nas silagens de capim-braquiária manejado com 50 kg de N, em comparação aos tratamentos 0N, 100N e LEG (Tabela 9). Silagens produzidas com capim-braquiária não adubado (0N) apresentou concentração de AA semelhante aos tratamentos 50N e 100N, e menor concentração em comparação ao tratamento LEG (Tabela 9). As variáveis AB, ET e N-NH₃ não foram afetadas ($p>0,05$) pelos fatores avaliados, com valores médio observados de 5,69; 4,62 g kg⁻¹ de MS e 17,32%, respectivamente (Tabela 9).

Para as populações microbianas das silagens, apenas a população de mofo ($p=0,0300$) foi afetada ($p<0,05$) pelo uso de inoculante, com menor população registrada nas silagens inoculadas. As populações de BAL, ENT e LEV não foram afetadas ($p>0,05$) pelos fatores avaliados no estudo, com valores médios obtidos de 7,92; 4,14 e 3,54 log de ufc g⁻¹ de forragem (Tabela 9).

Tabela 9- Médias do perfil fermentativo e população microbiana (log ufc g⁻¹ de forragem) de silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³									
		pH	AL (g kg ⁻¹ MS)	AA (g kg ⁻¹ MS)	AB (g kg ⁻¹ MS)	ET (g kg ⁻¹ MS)	N-NH ₃ (% NT)	BAL	ENT	LEV	Mofo
SI	0N	4,90	26,2	13,5	6,11	3,33	17,3	8,02	4,06	3,75	3,67
	50N	4,99	22,9	17,6	5,44	4,95	16,1	7,99	3,78	3,40	2,90
	100N	4,74	32,6	16,6	6,41	3,73	18,4	7,86	4,50	3,27	3,28
	LEG	5,08	29,1	20,9	6,14	5,40	18,9	7,82	4,95	3,90	4,55
CI	0N	4,86	29,1	14,5	3,99	3,48	15,1	7,99	3,64	3,19	3,18
	50N	5,04	19,2	14,6	3,76	4,43	15,9	7,93	4,18	3,46	3,03
	100N	4,86	26,1	16,9	5,98	4,90	19,5	7,86	4,16	3,22	2,58
	LEG	5,04	28,4	21,6	7,81	6,60	17,1	7,88	3,84	3,57	2,84
EPM ¹		0,0724	1,3673	1,0899	0,5612	0,4951	0,6424	0,0525	0,2854	0,1264	0,2822
Média geral para inoculante (I)											
SI		4,93	27,4	17,0	6,02	4,35	17,7	7,92	4,32	3,58	3,60a
CI		4,95	25,7	16,8	5,38	4,85	16,9	7,92	3,95	3,36	2,91b
Média geral para manejo (M)											
0N		4,88	27,7 ^a	13,8 ^b	5,05	3,40	16,2	8,00	3,85	3,47	3,43
50N		5,01	21,1 ^b	16,3 ^{ab}	4,60	4,69	16,0	7,96	3,98	3,43	2,96
100N		4,80	29,9 ^a	16,7 ^{ab}	6,19	4,32	18,9	7,86	4,32	3,24	2,93
LEG		5,06	27,7 ^a	20,8 ^a	6,97	5,99	18,0	7,85	4,39	3,73	3,70
P-valor											
I		0,7622	0,3495	0,8492	0,5510	0,5657	0,4121	0,9394	0,3785	0,2589	0,0300
M		0,0879	0,0196	0,0113	0,3944	0,2308	0,0940	0,3725	0,7294	0,3481	0,2360
M × I		0,8694	0,2334	0,6766	0,5958	0,8567	0,5088	0,9203	0,6111	0,6419	0,2321

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³AL= ácido láctico; AA= ácido acético; AB= ácido butírico; ET= etanol; N-NH₃= nitrogênio amoniacal; BAL= bactérias do ácido láctico; ENT= enterobactérias; LEV= leveduras. ND= não detectado (<10¹)
Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.2.3. Composição química das silagens

Não houve efeito da interação $M \times I$ ($p > 0,05$) para as variáveis da composição química das silagens (Tabela 10). O teor de MS médio das silagens foi de 225 g kg^{-1} de MN (Tabela 10).

Os teores de PB observados nas silagens foram afetados ($p < 0,05$) pelo uso de inoculante (I) ($p = 0,0403$) e pelo manejo (M) ($p < 0,0001$). O maior teor de PB foi registrado em silagem inoculada em comparação à silagem não inoculada (Tabela 10). Quanto ao manejo, o maior valor observado para esta variável ($74,3 \text{ g kg}^{-1}$ de MS) foi para o tratamento 100N, em comparação aos demais (Tabela 10).

As concentrações de FDN_{cp} ($p = 0,0073$) e FDA ($p = 0,0225$) observadas nas silagens foram afetadas ($p < 0,05$) apenas pelo manejo (M). Silagens do tratamento 0N apresentaram maiores concentrações para essas variáveis, em comparação ao tratamento 100N, e não diferiu dos tratamentos 50N e LEG (Tabela 10). Foi verificado efeito ($p < 0,05$) do manejo sobre os teores de FDN_i das silagens, cujo menor valor observado foi de 18,9%, na silagem produzida com o tratamento 100N.

A variável NIDN foi afetada ($p < 0,0001$) pelo manejo (M), com menor valor observado em silagens do tratamento 100N, em comparação às demais (Tabela 10). A concentração de NIDA nas silagens foi afetada ($p < 0,05$) pelo manejo ($p < 0,0001$) e pelo inoculante ($p = 0,0011$). O maior valor de NIDA (9,35%) foi observado em silagens não inoculadas, enquanto que o manejo do capim com 100 kg de N resultou em silagem com menor concentração dessa variável, em comparação aos demais manejos (Tabela 10).

Tabela 10- Médias da composição química (g kg⁻¹ de MS) das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³						
		MS (g kg ⁻¹ de MN)	PB	FDNcp	FDA	NIDN (% NT)	NIDA (% NT)	FDNi
SI	0N	248	44,0	676	399	18,4	8,98	21,7
	50N	227	48,4	661	381	22,5	9,86	21,2
	100N	214	69,6	635	381	13,4	7,44	19,1
	LEG	215	53,7	639	393	19,5	11,1	19,7
CI	0N	243	48,7	699	399	17,1	7,64	21,4
	50N	220	55,8	663	390	19,8	8,78	21,8
	100N	214	74,3	634	376	13,0	6,02	18,7
	LEG	221	55,5	671	394	18,9	10,7	20,7
EPM ¹		5,5876	2,6594	6,4942	2,9545	0,8807	0,6042	0,5320
Média geral para inoculante (I)								
SI		226	53,9 ^b	653	388	18,4	9,35 ^a	20,4
CI		225	58,6 ^a	667	390	17,2	8,29 ^b	20,7
Média geral para manejo (M)								
0N		245	46,3 ^c	688 ^a	399 ^a	17,7 ^b	8,21 ^b	21,6 ^a
50N		224	52,1 ^{bc}	662 ^{ab}	386 ^{ab}	21,2 ^a	9,32 ^b	21,5 ^{ab}
100N		214	71,9 ^a	635 ^b	378 ^b	13,2 ^c	6,73 ^c	18,9 ^b
LEG		218	54,6 ^b	655 ^{ab}	394 ^{ab}	19,2 ^{ab}	10,9 ^a	20,2 ^{ab}
<i>P</i> -valor								
I		0,8888	0,04043	0,1522	0,7367	0,0908	0,0021	0,7268
M		0,7765	<0,0001	0,0073	0,0225	<0,0001	<0,0001	0,0297
M × I		0,9620	0,8486	0,5316	0,7557	0,6164	0,6607	0,88158

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³MS= matéria seca; PB= proteína bruta; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas; FDA= fibra em detergente ácido; NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

3.2.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens

Houve efeito da interação $M \times I$ ($p < 0,05$) apenas para a fração B2 ($p = 0,0013$) (Tabela 11). Ao avaliar os diferentes manejos em cada inoculante, foi verificado maior concentração da fração B2 na silagem controle (0N), em comparação aos demais tratamentos, quando não se utilizou inoculante durante a ensilagem (Tabela 11). Nas silagens inoculadas, a menor concentração para essa variável foi obtida no tratamento LEG, em comparação aos demais (Tabela 11). O uso de inoculante aumentou a concentração da fração B2 para as silagens de capim-braquiária adubado com 100 kg de N e reduziu nas silagens de capim-braquiária em consórcio com calopogônio, quando comparadas às silagens não inoculadas (Tabela 11).

Houve efeito ($p < 0,05$) do inoculante (I) para as frações B1 ($p = 0,0138$) e C ($p = 0,0057$). Silagens inoculadas apresentaram maiores concentrações da fração B1 e menores concentrações da fração C, quando comparadas às silagens não inoculadas (Tabela 11).

As frações A ($p = 0,0005$), B3 ($p = 0,0077$) e C ($p < 0,0001$) foram afetadas pelo manejo (M) ($p < 0,05$). Os valores da fração A foram mais altos nos tratamentos 100N e LEG, quando comparados aos demais manejos (0N e 50N). A concentração da fração B3 foi menor ($p < 0,05$) em silagens do tratamento 100N, em comparação ao tratamento 50N e semelhantes aos tratamentos 0N e LEG (Tabela 11). Já as silagens produzidas com capim-braquiária em consórcio com calopogônio (LEG), apresentaram maiores concentrações da fração C, quando comparadas às silagens produzidas com capins manejados com 0, 50 ou 100 kg de N (Tabela 11).

Tabela 11- Frações dos compostos nitrogenados (% NT) das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³				
		A	B1	B2	B3	C
SI	0N	45,8	13,4	22,2 ^{aA}	10,4	8,16
	50N	49,3	12,4	17,3 ^{bA}	11,6	9,48
	100N	58,4	12,0	15,5 ^{bB}	6,31	7,74
	LEG	53,4	11,5	16,4 ^{bA}	7,40	11,4
CI	0N	49,2	13,5	21,8 ^{aA}	8,13	7,62
	50N	46,4	16,2	19,3 ^{aA}	9,79	8,35
	100N	53,3	15,4	18,6 ^{aA}	6,11	6,02
	LEG	53,7	17,2	10,3 ^{bB}	7,95	11,0
EPM ¹		0,7865	0,8582	1,0320	0,4061	0,7035
Média geral para inoculante (I)						
SI		51,7	12,3 ^b	17,9	8,91	9,18 ^a
CI		50,6	15,6 ^a	17,5	7,99	8,26 ^b
Média geral para manejo (M)						
0N		47,5 ^b	13,5	22,0	9,25 ^{ab}	7,89 ^{bc}
50N		47,8 ^b	13,3	18,3	10,7 ^a	8,92 ^b
100N		55,8 ^a	13,7	17,0	6,21 ^b	6,88 ^c
LEG		53,5 ^a	14,4	13,4	7,67 ^{ab}	11,2 ^a
<i>P</i> -valor						
I		0,3845	0,0138	0,6149	0,2569	0,0057
M		0,0005	0,93,14	<0,0001	0,0077	<0,0001
M × I		0,1261	0,4089	0,0013	0,5845	0,3425

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³A= nitrogênio não protéico, B1= proteína verdadeira de degradação enzimática rápida, B2= proteína verdadeira de degradação enzimática intermediária, B3= proteína verdadeira de degradação enzimática lenta, C= proteína indigestível.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem ($p>0,05$) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem ($p>0,05$) entre si pelo teste F.

3.2.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro

Todas as variáveis da degradabilidade *in situ* da MS foram afetadas ($p<0,05$) pela interação M × I (Tabela 12). Ao avaliar o manejo com o uso de inoculante, verificou-se maior concentração da fração a ($p=0,0784$) em silagem produzida com capim adubado com 100 kg de N, em comparação aos tratamentos 0N e 50N. Para silagens não inoculadas, não foi verificada diferença entre os tratamentos, para a fração a (Tabela 12). O uso de inoculante proporcionou aumento dessa fração na

silagem produzida com capim adubado com 100 kg de N e redução naquela com 50 kg de N, em comparação à silagem não inoculada (Tabela 12).

Ao avaliar a fração b ($p=0,0030$), verificou-se que os tratamentos 0N e 50N apresentaram os maiores valores para essa variável, em comparação aos demais, quando as silagens foram inoculadas (Tabela 12). Resultado semelhante foi verificado para a DP ($p=0,0187$) das silagens (Tabela 12). Para a degradabilidade efetiva (DE5 ($p=0,0025$) e DE8 ($p=0,0035$)), em silagens não inoculadas, o manejo do capim com 50 e 100 kg de N resultou em silagens com valores superiores, em comparação aos demais manejos (Tabela 12).

Para os parâmetros da degradabilidade da FDN, verificou-se que as frações b ($p<0,0001$) e I ($p=0,0001$) foram afetadas ($p<0,05$) pela interação $M \times I$ (Tabela 13). Entre as silagens inoculadas, os manejos 0N e 50N apresentaram maiores concentrações da fração b e menores concentrações da fração I, em relação aos demais manejos (100 e LEG) (Tabela 13). O uso de inoculante proporcionou aumento da fração b e redução da fração I, em silagens de capim-braquiária manejados com 0 e 50 kg de N (Tabela 13)

Para a fração c ($p=0,0028$), foi verificado efeito apenas de manejo (M), com maior concentração obtida em silagens de capim-braquiária manejado com 100 kg de N, em comparação aos demais manejos (Tabela 13).

Tabela 12- Parâmetros da degradação e degradabilidade *in situ* da matéria seca das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³						
		a (%)	b (%)	c (%/h)	DP	DE ₂	DE ₅	DE ₈
SI	0N	15,5 ^{aA}	64,1 ^{aA}	0,0142 ^{bA}	79,5 ^{aA}	42,0 ^{cA}	29,6 ^{bA}	25,1 ^{bA}
	50N	17,4 ^{aA}	55,4 ^{abB}	0,0185 ^{bA}	72,8 ^{abA}	44,0 ^{abA}	32,4 ^{aA}	27,8 ^{aA}
	100N	15,7 ^{aB}	50,6 ^{bA}	0,0270 ^{aA}	66,4 ^{bA}	44,9 ^{aA}	33,5 ^{aA}	28,5 ^{aA}
	LEG	15,7 ^{aA}	63,7 ^{aA}	0,0153 ^{bB}	79,4 ^{aA}	42,7 ^{bcA}	30,3 ^{bB}	25,7 ^{bB}
CI	0N	14,1 ^{bA}	65,6 ^{aA}	0,0148 ^{aA}	79,7 ^{aA}	41,8 ^{aA}	28,9 ^{bA}	24,3 ^{bA}
	50N	14,9 ^{bB}	64,5 ^{aA}	0,0152 ^{aA}	79,4 ^{aA}	42,5 ^{aB}	29,8 ^{bB}	25,1 ^{bB}
	100N	17,8 ^{aA}	49,7 ^{bA}	0,0195 ^{aB}	67,5 ^{bA}	42,2 ^{aB}	31,7 ^{aB}	27,5 ^{aA}
	LEG	16,4 ^{abA}	52,3 ^{bB}	0,0207 ^{aA}	68,7 ^{bB}	42,9 ^{aA}	31,7 ^{aA}	27,1 ^{aA}
EPM ¹		0,3698	1,8137	0,0012	1,7196	0,3088	0,3589	0,3469
Média geral para inoculante (I)								
SI		16,1	58,4	0,0188	74,5	43,4	31,5	26,8
CI		15,9	57,5	0,0178	73,4	42,5	30,7	26,1
Média geral para manejo (M)								
0N		14,9	64,9	0,0144	79,8	42,0	29,4	24,8
50N		16,2	59,9	0,0177	76,1	43,3	31,1	26,5
100N		16,8	50,2	0,0233	66,9	43,6	32,6	28,0
LEG		16,0	58,0	0,0180	74,0	42,8	31,0	26,4
P-valor								
I		0,5348	0,805	0,2213	0,6909	0,0063	0,0088	0,0219
M		0,0914	0,0002	0,0001	0,0013	0,0203	<,0001	<,0001
M × I		0,0184	0,0030	0,0016	0,0187	0,0335	0,0025	0,0035

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³a= fração solúvel; b= fração potencialmente degradável; c= taxa de degradação da fração b; DP= degradabilidade potencial; DE= degradabilidade efetiva.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

Tabela 13- Parâmetros da degradação da fibra em detergente neutro das silagens de capim-braquiária sob diferentes manejos, com ou sem inoculante microbiano

Inoculante ¹	Manejo ²	Item ³		
		b (%)	c (%/h)	l (%)
SI	0N	51,7 ^{aB}	0,0319	47,2 ^{aA}
	50N	52,5 ^{aB}	0,0303	46,2 ^{aA}
	100N	51,4 ^{aA}	0,0809	47,9 ^{aA}
	LEG	58,0 ^{aA}	0,0264	42,1 ^{aA}
CI	0N	71,5 ^{aA}	0,0178	28,5 ^{bB}
	50N	68,7 ^{aA}	0,0238	31,1 ^{bB}
	100N	48,7 ^{bA}	0,0434	50,3 ^{aA}
	LEG	52,5 ^{bA}	0,0324	45,6 ^{aA}
EPM ¹		1,9400	0,0065	1,8407
Média geral para inoculante (I)				
SI		52,9	0,0452	46,2
CI		60,3	0,0293	38,9
Média geral para manejo (M)				
0N		61,6	0,0249 ^b	37,9
50N		62,4	0,0264 ^b	36,9
100N		50,0	0,0622 ^a	49,1
LEG		54,4	0,0300 ^b	44,4
P-valor				
I		0,0003	0,0669	0,0003
M		0,0002	0,0028	0,0002
M × I		<,0001	0,1499	0,0001

¹SI= sem inoculante; CI= com inoculante; EPM= erro padrão da média. I= inoculante; M= manejo e M × I= interação inoculante × manejo

²0N= sem adubação nitrogenada; 50N= 50 kg ha⁻¹ por ano de N; 100N= 100 kg ha⁻¹ por ano de N e LEG= pasto em consórcio com leguminosa.

³b= fração potencialmente degradável; c= taxa de degradação da fração b; l= fração indegradável

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, desdobramento de manejo em cada inoculante, não diferem (p>0,05) entre si pelo teste Tukey; e maiúscula na coluna, desdobramento de inoculante em cada manejo não diferem (p>0,05) entre si pelo teste F.

4. DISCUSSÃO

4.1. Composição química, população microbiana e pH da forragem antes da ensilagem

A concentração de MS da planta no momento da ensilagem é um dos fatores mais importantes para a fermentação e qualidade da silagem. Os teores de MS da forragem não variaram com o manejo, no primeiro ano do experimento, com média de 213 g kg⁻¹ de MN (Tabela 2) e ficaram abaixo do recomendado para fermentação adequada (25 a 35% de MS), segundo Kung Jr. et al. (2018). No segundo

período do experimento, o manejo reduziu as concentrações de MS nos tratamentos 50N, 100N e LEG.

A adubação nitrogenada na pastagem reduz os teores de MS e constituintes de parede celular, representados pela FDN, por meio de diluição, uma vez que o nitrogênio modifica os componentes celulares, alterando a relação conteúdo celular:parede celular (Machado et al., 2017). Semelhantemente ao presente estudo, autores também observaram redução do teor de MS em *Urochloa brizantha* cv. Xaraes (Campos et al., 2016) e *Urochloa decumbens* (Machado et al., 2017), com o aumento das doses de nitrogênio. No presente estudo, apenas o tratamento 0N, do segundo período de experimento, apresentou teor de MS (264 g kg⁻¹ de MN) dentro da faixa adequada, o qual diferiu ($p < 0,05$) dos demais tratamentos (Tabela 8).

O nitrogênio é um constituinte essencial da proteína e clorofila das plantas (Wen et al., 2020). Estudos na literatura demonstram a eficiência do nitrogênio, proveniente da adubação química (Delevatti et al., 2019; de Oliveira et al., 2020; Leite et al., 2021) ou da inclusão de leguminosa (Pereira et al., 2020, Berça et al., 2021), em aumentar a concentração de PB em pastagens de gramíneas tropicais. No presente estudo, os pastos adubados com 50 e 100 kg/ha de N tiveram mais altos teores proteicos que os pastos não adubados, tanto no primeiro, quanto no segundo ensaio, indicando o benefício do efeito residual do adubo nitrogenado, aplicado em março de 2017, no teor protéico do pasto (St. Luce et al., 2016). No entanto, os pastos de capim-braquiária consorciado com leguminosa apresentaram mais alto teor proteico que pastos não adubados e adubados com nitrogênio, nos períodos seca-águas e águas-seca (Tabela 8), o que poderia ser explicado pela participação do calopogônio na composição do pasto, que mesmo em baixa percentagem, apresenta elevada fixação biológica de nitrogênio, aumentando a disponibilidade desse nutriente para a gramínea em consórcio.

As baixas proporções do calopogônio nos pastos consorciados, de 9,0% e 8,81%, no primeiro e segundo período de experimento, respectivamente, podem ter ocorrido porque o capim-braquiária suprimiu o crescimento da leguminosa, o que resultou em baixa contribuição do calopogônio na composição botânica do pasto consorciado, de acordo com Santos et al. (2018). Mesmo assim, o pasto consorciado conseguiu expressar mais alto teor proteico, aos 15 meses após a semeadura do

calopogônio, indicando o benefício a mais longo prazo, quando se compara ao pasto sem nenhuma fonte de nitrogênio.

Alterações nas concentrações de carboidratos são reportadas na literatura quando pastos tropicais foram adubados com N de adubo químico ou foram consorciados. Berça et al. (2021) observaram menor concentração de FDN em capim-marandu adubado com 150 kg de N ha⁻¹ (589 g kg⁻¹ de MS), em comparação ao consórcio com amendoim forrageiro (615 g kg⁻¹ de MS) e ao tratamento controle (616 g kg⁻¹ de MS). Resultado semelhante foi observado por Faria et al. (2018), os quais reportaram redução da concentração de FDN em capim-marandu, de acordo com o aumento das doses de N (20, 100 e 150 mg dm³). O nitrogênio aumenta a produção de novos tecidos e folhas e, conseqüentemente, reduz as concentrações de carboidratos não estruturais na matéria seca (Faria et al., 2018).

No entanto, no presente estudo, não houve diferença das concentrações de FDN_{cp} entre os tratamentos, no período águas-seca (Tabelas 8). No período seca-águas, o tratamento controle (0N) apresentou concentrações semelhantes aos demais tratamentos, enquanto o pasto que recebeu 100 kg/ha de N apresentou mais alta concentração de FDN_{cp} que o pasto consorciado. De modo geral, os teores de FDN_{cp} não estão tão elevados quanto os esperados para uma gramínea de clima tropical para ensilagem, com tempo mais prolongado de crescimento, comparado ao manejo de altura para pastejo. Os resultados observados nos dois períodos experimentais, nas concentrações de FDA são consistentes com resultados obtidos por Oliveira et al. (2020) e Berça et al. (2021), que também não observaram efeito ($p > 0,05$) dos diferentes manejos para essa variável.

Os carboidratos solúveis em água são a principal fonte de nutrientes para bactérias homo e heterofermentativas, que produzem ácidos láctico, acético, succínico e propiônico (Ribas et al., 2021). As concentrações de CHO no capim-braquiária não variaram com o manejo, nos dois períodos experimentais (Tabela 2 e 8). Esse comportamento pode ser atribuído ao tempo mais prolongado, desde à aplicação das doses de N até à ensilagem, e também devido à baixa participação da leguminosa no pasto consorciado. Entretanto, em vários estudos foi observada redução linear nos teores de carboidratos solúveis com uso de doses crescentes de N (Coblentz et al., 2017; Bernardes et al., 2018; Faria et al., 2019; Leite et al., 2021).

A concentração inicial de CHO na forragem tem efeito direto no declínio do pH da massa ensilada, uma vez que constitui o principal substrato utilizado pelas bactérias do ácido lático. Diante disso, a redução das concentrações de CHO em plantas destinadas à ensilagem não é desejável, haja vista que este componente é indispensável para a qualidade da fermentação e conservação da silagem no silo. No presente estudo, as concentrações de CHO nos períodos seca-águas (22,7 g kg⁻¹ de MS) e águas-seca (22,3 g kg⁻¹ de MS) foram inferiores a 60-80 g kg⁻¹ de MS, conforme recomendado por Woolford (1984), para garantir fermentação adequada no interior do silo. O baixo teor de carboidratos solúveis, associado ao baixo teor de matéria seca e à alta capacidade tampão, estão entre as características de gramíneas perenes de clima tropical limitantes à ensilagem.

O rápido declínio de pH da massa ensilada, associado à condição de anaerobiose no interior do silo, permite que a forragem ensilada seja armazenada sem deterioração por longos períodos. Dentre os grupos microbianos, as BAL's são de maior interesse durante o processo de fermentação, pois são responsáveis pela produção do ácido lático. Portanto, a população epifítica desses micro-organismos pode afetar o processo de ensilagem (Kung Jr. et al., 2018, Muck et al., 2018). Apesar da influência do manejo sobre a população de BAL nos diferentes períodos de estudo (Tabelas 2 e 8), não há explicações, com base na literatura, de como a adubação nitrogenada pode afetar a população desses micro-organismos, uma vez que não houve diferenças nas concentrações de carboidratos solúveis, no presente estudo (Tabelas 2 e 8). Uma série de fatores podem afetar a população de BAL, tais como horário de colheita da planta (Guo et al., 2015), emurchecimento (Tian et al., 2022) e o tipo de forragem (Cai et al., 2020), dentre outros.

4.2. Perfil fermentativo e populações microbianas das silagens

O inoculante não foi eficiente em reduzir o pH das silagens, nos dois períodos de experimento. Resultado semelhante foi obtido por Rigueira et al. (2017), que não observaram efeito do inoculante no pH de silagens de capim-marandu com inclusão de diferentes níveis de estilosantes (0, 10, 20 e 30%). Em média, o pH das silagens (Tabelas 3 e 9) ficou acima do valor considerado adequado para capins tropicais (4,3

- 4,7), para estabilização da fermentação, conforme recomendado por Kung Jr. et al. (2018).

O pH é dependente das quantidades de ácidos orgânicos produzidos pelos micro-organismos presentes na silagem. Entre os ácidos orgânicos, o AL é o principal responsável por diminuir o pH e melhorar a fermentação da silagem (Kung Jr., 2018; Soundharrajan et al., 2021), enquanto os ácidos acético e butírico e o N-NH₃ deixam o meio menos ácido, e, conseqüentemente, o pH mais alto (Rabelo et al., 2017; Kung Jr. et al., 2018). Diante disso, os altos valores de pH observados no presente estudo podem ser atribuídos aos baixos teores de AL e aos mais elevados teores de N-NH₃, observados nas silagens nos dois períodos de experimento (Tabelas 3 e 9). Resultados semelhantes aos do presente estudo, foram observados por Silva et al. (2020), ao inocularem cepas homoláticas durante a ensilagem de alfafa e não verificarem efeito do inoculante sobre a concentração de AL.

O rápido crescimento e domínio de fermentação pelas BAL do inoculante depende de fatores como habilidade das bactérias inoculadas crescerem no silo, quantidade ideal de substrato e capacidade das bactérias do inoculante em competir com a população das bactérias autóctones (Muck, 2013). No presente estudo, as bactérias do inoculante não superaram a população natural de BAL, haja vista que os fatores avaliados não afetaram a população de BAL na silagem (Tabela 3 e 9). Este resultado pode estar relacionado às baixas concentrações de carboidratos solúveis (22,7 e 22,3 g kg⁻¹ de MS) observadas no capim-braquiária nos períodos seca-águas e águas-seca, respectivamente (Tabelas 2 e 8), o que pode ter limitado o crescimento da população das bactérias do inoculante na massa ensilada durante a fermentação.

Concentrações insuficientes de carboidratos solúveis, resultam em baixa produção de ácido láctico e alto pH (Tabelas 3 e 9), o que permite o crescimento de micro-organismos indesejáveis como bactérias do gênero *Clostridium* (Yan et al., 2019), que produzem ácido butírico, N-NH₃ em excesso, entre outros produtos indesejáveis na silagem. Apesar das baixas concentrações de matéria seca e de carboidratos solúveis e alto valor de pH, nos dois períodos de experimento, as concentrações de ácido butírico encontram-se dentro da faixa adequada (<0,5 - 1,0%), recomendada por Kung Jr. et al. (2018) para silagens de gramíneas tropicais. As reduções das populações de enterobactérias em todas as silagens inoculadas e a redução das concentrações de ácido butírico, nos tratamentos 50N e LEG, e de ácido

acético, no tratamento 100N, demonstram o efeito do inoculante em suprimir o crescimento de microrganismos deterioradores, que prejudicam a qualidade da silagem durante o período de armazenamento no silo.

Concentrações de ácido acético de até 30 g kg de MS são aceitáveis, segundo Kung et al. (2018), haja vista que o ácido acético apresenta características antifúngicas e é capaz de reduzir a população de levedura da silagem (Wambacq et al., 2016; Kung Jr, 2018). Apesar de registrar valores médios de 16,02 e 17,02 g kg de MS, nos diferentes períodos (seca-águas, 2018 e águas-seca, 2019 respectivamente), verificou-se que esse ácido contribuiu para o controle de mofo e leveduras, no primeiro período experimental (Tabela 3 e 9).

4.3. Composição química das silagens

A preservação de nutrientes da forragem indica boa qualidade de fermentação no silo (He et al., 2020). Normalmente, mais da metade da proteína verdadeira é degradada por micro-organismos e principalmente por enzimas proteolíticas da planta, em nitrogênio não proteico, durante a ensilagem, levando ao uso ineficiente do nitrogênio da silagem pelos animais (Muck et al., 2018). A maior concentração de PB nas silagens inoculadas, no segundo período de experimento (Tabela 10), demonstra o efeito do inoculante em reduzir a proteólise por micro-organismos deterioradores (Kung Jr. et al. 2018).

Apesar de não verificar efeito do uso de inoculante sobre as concentrações de FDN das silagens, nos períodos avaliados (Tabelas 4 e 10), estudos na literatura reportam que as enzimas produzidas pelas BAL's associadas às enzimas presentes no inoculante comercial proporcionam redução da concentração de carboidratos fibrosos durante a ensilagem (Muck et al., 2018; Ding et al., 2019). Como mencionado anteriormente, a concentração inicial de CHO pode ter limitado o crescimento e a atividade das bactérias inoculadas durante a ensilagem, o que justifica a ausência de efeito na FDN, nas silagens do presente estudo. Da mesma forma, as enzimas (amilase, celulase, hemicelulase e xilanase) presentes no inoculante comercial utilizado no estudo não foram eficientes para aumentar a concentração de substrato para as BAL's durante a fermentação.

A estabilidade das enzimas e sua capacidade de interagir adequadamente com o substrato é um fator que pode proporcionar respostas inconsistentes quando se utiliza este aditivo na ensilagem (Muck et al., 2018). Resultado semelhante ao presente estudo foi observado por Bolson et al. (2017), quando utilizaram inoculante associado à presença de enzima em sua composição, durante a ensilagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Os autores não observaram diferença nas concentrações de FDN entre as silagens inoculadas com Sill All e as silagens controle.

4.4. Frações dos compostos nitrogenados das silagens

A proteína verdadeira é decomposta em peptídeos, aminoácidos livres, amônia e outros nitrogênios não proteicos pela ação de proteases vegetais e enzimas microbianas durante a produção de silagem (Mucke et al., 2018; Kung et al., 2018). Essas transformações de nitrogênio no silo afetam a disponibilidade e eficiência do uso desse nutriente pela microbiota do rúmen.

As frações da proteína bruta podem variar em pastos consorciados em relação ao monocultivo, uma vez que os teores de proteína bruta diferem entre gramíneas e leguminosas, o que explica a maior concentração da fração A nas silagens de capim-braquiária dos tratamentos 100N e LEG, quando comparado aos tratamentos 0N e 50N, no segundo período do experimento. A Fração A representa o nitrogênio solúvel que é totalmente degradável no rúmen, e a fração B1 + B2 inclui as proteínas verdadeiras (Licitra et al., 1996). As maiores concentrações da fração B1 e menores concentrações da fração C nas silagens inoculadas, em relação às silagens não inoculadas, no segundo período de experimento (Tabela 11), podem ser atribuídas ao efeito do inoculante em melhorar a preservação da forragem ensilada, o que reduz as transformações da PB no silo. A fração C é o nitrogênio insolúvel em detergente ácido e está associada à lignina, complexos tanino-proteína e produtos da reação de *Maillard*. Esta fração representa a proteína indisponível e supõe-se que tenha digestibilidade ruminal e intestinal zero (Licitra et al., 1996; Loaiza et al., 2017).

4.5. Parâmetros da degradação e degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro

O uso de inoculante durante a ensilagem pode favorecer a população microbiana no rúmen e conseqüentemente, a digestibilidade do alimento e desempenho animal (Basso et al., 2014; Rabelo et al., 2016). A degradabilidade efetiva da MS está associada à fração prontamente solúvel representada pelos carboidratos solúveis de rápida fermentação no conteúdo celular e na lamela média das plantas (Ribas et al., 2021). No presente estudo, o uso de inoculante aumentou a degradabilidade efetiva com taxa de passagem a 5% da MS de todas as silagens e a degradabilidade potencial e efetiva da MS das silagens de capim-braquiária adubado com 100 kg de N, no primeiro período de experimento (Tabela 6). No segundo período de experimento, o uso de inoculante aumentou a fração potencialmente degradável (b) e reduziu a fração indegradável (I) da FDN, nas silagens controle (0N) e no tratamento 50N (Tabela 13). Esse efeito pode ser explicado pela combinação de BAL's (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus salivarius*, *Enterococcus faecium*) e enzimas (Amilase, Celulase, Hemicelulase, Xilanase) na composição do inoculante Sill All. Segundo Muck et al. (2018), cepas bacterianas podem aumentar a atividade microbiana do rúmen e enzimas podem favorecer uma digestão mais rápida ou completa de fibras ou carboidratos complexos no rúmen. Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Li et al. (2017) e Nkosi et al. (2019), que observaram melhor degradabilidade ruminal da MS e da FDN de silagens de avocado (*Persia Americana*,) inoculadas com Sill All e inoculante de BAL combinado com enzima celulase. Huo et al. (2021) avaliaram os parâmetros de fermentação ruminal de silagem de alfafa, inoculada com *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus mundtii* ou *Enterococcus faecalis* e concluíram que o *L. plantarum* foi o mais eficaz em aumentar a degradabilidade da MS e da FDN das silagens.

No segundo período de experimento, não foi observado efeito do inoculante em aumentar a degradabilidade da MS e FDN (Tabelas 12 e 13), o que é consistente com resultado observado por Chilson et al. (2016), que não observaram efeito do Sill All sobre a degradabilidade da MS de silagem de milho. Em uma meta-análise, Oliveira et al. (2017) observaram que o uso de inoculante melhora a fermentação de silagens

de gramíneas e leguminosas, porém, seus efeitos sobre a degradabilidade da MS da silagem são inconsistentes (Nkosi et al., 2019).

5. CONCLUSÃO

Silagem de capim-braquiária adubado com nitrogênio ou consorciado com calopogônio, principalmente quando inoculada, apresenta melhores características químicas e fermentativas e pode ser opção para conservação do excedente de pastagens tropicais.

O inoculante microbiano suprime o crescimento de micro-organismos deterioradores e de produtos que prejudicam a qualidade da silagem, assim como melhora os parâmetros de degradação e a degradabilidade *in situ* da MS e da FDN das silagens.

Estudos complementares devem ser realizados para avaliar o uso de silagens de pasto consorciado como suplemento para animais em pastejo, no período seco do ano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basso, F. C., Adesogan, A. T., Lara, E. C., Rabelo, C. H. S., Berchielli, T. T., Teixeira, I. A. M. A., ... & Reis, R. A. (2014). Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. *Journal of Animal Science*, 92(12), 5640-5650.
- Berça, A. S., Cardoso, A. D. S., Longhini, V. Z., Tedeschi, L. O., Boddey, R. M., Reis, R. A., & Ruggieri, A. C. (2021). Protein and carbohydrate fractions in warm-season pastures: effects of nitrogen management strategies. *Agronomy*, 11(5), 847.
- Bernardes, T. F., Daniel, J. L. P., Adesogan, A. T., McAllister, T. A., Drouin, P., Nussio, L. G., ... & Cai, Y. (2018). Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of dairy science*, 101(5), 4001-4019.
- Bolson, D. C., Pereira, D. H., Pina, D. S., Pedreira, B. C., Mombach, M. A., & Xavier, I. M. (2017). Fermentative and bromatological value of Piaã palisadegrass ensiled with different additives. *Archivos de zootecnia*, 66(256), 515-521.
- Cai, Y., Du, Z., Yamasaki, S., Nguluve, D., Tinga, B., Macome, F., & Oya, T. (2020). Community of natural lactic acid bacteria and silage fermentation of corn stover and sugarcane tops in Africa. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(8), 1252.
- Campos, F. P. D., Nicácio, D. R. O., Sarmiento, P., Cruz, M. C. P., Santos, T. M., Faria, A. F. G., ... & Lima, C. G. D. (2016). Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraes palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 1-12.
- Carvalho, B. F., Sales, G. F. C., Schwan, R. F., & Ávila, C. L. S. (2021). Criteria for lactic acid bacteria screening to enhance silage quality. *Journal of Applied Microbiology*, 130(2), 341-355.
- Casagrande, D.R.; Lara, M.A.S.; Vieira, B.R. Leguminosas de Clima Tropical e Subtropical In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (2013). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal, 1ª ed., Multipress, p.137-154.
- Chaves, C. S., Ribeiro, K. G., Pereira, O. G., da Fonseca, D. M., Cecon, P. R., & Gomide, C. A. D. M. (2021). Signal Grass Deferred Pastures Fertilized with Nitrogen or Intercropped with Calopo. *Agriculture*, 11(9), 804.
- Chilson, J. M., Rezamand, P., Drewnoski, M. E., Price, W., & Hunt, C. W. (2016). Effect of homofermentative lactic acid bacteria and exogenous hydrolytic enzymes on the ensiling characteristics and rumen degradability of alfalfa and corn silages. *The Professional Animal Scientist*, 32(5), 598-604.
- Coblentz, W. K., Akins, M. S., Cavadini, J. S., & Jokela, W. E. (2017). Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1739-1750.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; (2012) *Métodos para análise de alimentos*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema. 214p.
- Delevatti, L. M., Cardoso, A. S., Barbero, R. P., Leite, R. G., Romanzini, E. P., Ruggieri, A. C., & Reis, R. A. (2019). Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.
- Ding, Z. T., Xu, D. M., Bai, J., Li, F. H., Adesogan, A. T., Zhang, P., ... & Guo, X. S. (2019). Characterization and identification of ferulic acid esterase-producing

- Lactobacillus species isolated from Elymus nutans silage and their application in ensiled alfalfa. *Journal of applied microbiology*, 127(4), 985-995.
- Dong, Z., Chen, L., Li, J., Yuan, X., & Shao, T. (2019). Characterization of nitrogen transformation dynamics in alfalfa and red clover and their mixture silages. *Grassland science*, 65(2), 109-115.
- Fabiszewska, A. U., Zielińska, K. J., & Wróbel, B. (2019). Trends in designing microbial silage quality by biotechnological methods using lactic acid bacteria inoculants: a minireview. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 1-8.
- Faria, B. M., Morenz, M. J. F., Paciullo, D. S. C., Lopes, F. C. F., & Gomide, C. A. D. M. (2018). Growth and bromatological characteristics of Brachiaria decumbens and Brachiaria ruziziensis under shading and nitrogen. *Revista Ciência Agronômica*, 49, 529-536.
- Faria, D. A., Avelino, A. C. D., Cabral, C. E. A., Abreu, J. G., Barros, L. V., Cabral, C. H. A., ... & Assis, L. M. B. (2019). Investigating the optimal day for nitrogen fertilization on Piatã palisadegrass and Quênia guineagrass after defoliation. *Journal of Experimental Agriculture International*, 34(6), 1-11.
- Feitoza, R. B. B., Lima, H. R. P., Oliveira, E. A. G., Oliveira, D. R., Moraes, L. F. D., Oliveira, A. E. A., ... & Da Cunha, M. (2018). Structural and ultrastructural variations in roots of Calopogonium mucunoides Desv. treated with phenolic compounds from Urochloa humidicola (Rendle) Morrone & Zuloaga and phenolic commercial standards. *South African Journal of Botany*, 116, 142-149.
- Ferreira, T. C., Aguilar, J. V., Souza, L. A., Justino, G. C., Aguiar, L. F., & Camargos, L. S. (2016). pH effects on nodulation and biological nitrogen fixation in Calopogonium mucunoides. *Brazilian Journal of Botany*, 39(4), 1015-1020.
- Galindo, F. S., Buzetti, S., Filho, M. C. M. T., Dupas, E., & Ludkiewicz, M. G. Z. (2017). Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in mombasa guineagrass ('Panicum maximum'cv. mombasa) at dry and rainy seasons. *Australian Journal of Crop Science*, 11(12), 1657-1664.
- Guo, G., Yuan, X., Wen, A., Liu, Q., Zhang, S., & Shao, T. (2015). Silage fermentation characteristics of napiergrass harvested at various times on a sunny day. *Crop science*, 55(1), 458-464.
- Gurgel, A. L. C., Difante, G. D. S., Montagner, D. B., de Araujo, A. R., Dias, A. M., Santana, J. C. S., ... & Pereira, M. D. G. (2020). Nitrogen fertilisation in tropical pastures: what are the impacts of this practice?. *Australian Journal of Crop Science*, 14(6), 978-984.
- He, L., Wang, C., Xing, Y., Zhou, W., Pian, R., Chen, X., & Zhang, Q. (2020). Ensiling characteristics, proteolysis and bacterial community of high-moisture corn stalk and stylo silage prepared with Bauhinia variegata flower. *Bioresource Technology*, 296, 122336.
- Huo, W., Wang, X., Wei, Z., Zhang, H., Liu, Q., Zhang, S., ... & Guo, G. (2021). Effect of lactic acid bacteria on the ensiling characteristics and in vitro ruminal fermentation parameters of alfalfa silage. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 623-631.
- Koeppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra* (No. QC861 K6).
- Kakraliya, S. K., Singh, U., Bohra, A., Choudhary, K. K., Kumar, S., Meena, R. S., & Jat, M. L. (2018). Nitrogen and legumes: a meta-analysis. In *Legumes for soil health and sustainable management* (pp. 277-314). Springer, Singapore. Kung Jr., L. (1996). Preparation of silage water extracts for chemical analyses: *standard*

- operating procedure* - 001 6.03.96. WorriLOW: University of Delaware, Ruminant Nutrition Lab, p.309.
- Kung Junior, L. (1996) Preparation of Silage Water Extracts for Chemical Analyses. Standard Operating Procedure—001 6.03.96, University of Delaware, Ruminant Nutrition Lab, WorriLOW, 309.
- Kung, L. (2018). Silage fermentation and additives. *Latin American Archives of Animal Production*, 26(3-4).
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of dairy Science*, 101(5), 4020-4033.
- Leite, R. G., Cardoso, A. D. S., Fonseca, N. V. B., Silva, M. L. C., Tedeschi, L. O., Delevatti, L. M., ... & Reis, R. A. (2021). Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*, 11(1), 1-8.
- Li, M., Zhou, H., Zi, X., & Cai, Y. (2017). Silage fermentation and ruminal degradation of stylo prepared with lactic acid bacteria and cellulase. *Animal Science Journal*, 88(10), 1531-1537.
- Li, D., Ni, K., Zhang, Y., Lin, Y., & Yang, F. (2019). Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(5), 665.
- Loaiza, P. A., Balocchi, O., & Bertrand, A. (2017). Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. *Grass and Forage Science*, 72(3), 556-567.
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 57(4), 347-358.
- Machado, S. L. M., de SALES, E. C. J., Reis, S. T., Mesquita, V. G., Carvalho, Z. G., Monção, F. P., ... & Queiroz, D. S. (2017). Forage accumulation, tillering and bromatological characteristics of Brachiaria grass under nitrogen fertilization. *Científica*, 45(2), 197-203.
- Nkosi, B.D., Langa, T., Thomas, R. S., Muya, M. C., Meeske, R., Van Niekerk, J. A., ... & Motiang, M. D. (2019). Microbial additives affect silage quality and ruminal dry matter degradability of avocado (Persia Americana) pulp silage. *South African Journal of Animal Science*, 49(6), 997-1007.
- Muck, R. E. (2013). Recent advances in silage microbiology.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of dairy science*, 101(5), 3980-4000.
- Negrão, F. D. M., Zanine, A. D. M., Souza, A. L. D., Cabral, L. D. S., Ferreira, D. D. J., & Dantas, C. C. O. (2016). Losses, fermentative profile and chemical composition of "Brachiaria decumbens" silage with inclusion of rice meal. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17, 13-25.
- Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. biol. Chem*, 153(2), 375-380.
- Nicodemo, M. L. F., Souza, F. H. D., Pezzopane, J. R. M., Mendes, J. C. T., Tholon, P., & Santos, P. M. (2015). Frequências de cortes em nove leguminosas forrageiras tropicais herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 809-818.
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A., Arriola, K. G., Jiang, Y., ... & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with

- homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587-4603.
- Oliveira, J. K. D., Corrêa, D. C. D. C., Cunha, A. M., Rêgo, A. C. D., Faturi, C., Silva, W. L. D., & Domingues, F. N. (2020). Effect of nitrogen fertilization on production, chemical composition and morphogenesis of guinea grass in the humid tropics. *Agronomy*, 10(11), 1840.
- Okuda, H., Fujii, S., & Kawashima, Y. (1965). A direct colorimetric determination of blood ammonia. *Tokushima Journal of Experimental Medicine*, 12, 11-23.
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.
- Pereira, J. M., Rezende, C. D. P., Ferreira Borges, A. M., Homem, B. G. C., Casagrande, D. R., Macedo, T. M., ... & Boddey, R. M. (2020). Production of beef cattle grazing on *Brachiaria brizantha* (Marandu grass)—*Arachis pintoi* (forage peanut cv. Belomonte) mixtures exceeded that on grass monocultures fertilized with 120 kg N/ha. *Grass and Forage Science*, 75(1), 28-36.
- Rabelo, C. H. S., Basso, F. C., McAllister, T. A., Lage, J. F., Gonçalves, G. S., Lara, E. C., ... & Reis, R. A. (2016). Influence of *Lactobacillus buchneri* as silage additive and forage: concentrate ratio on the growth performance, fatty acid profile in longissimus muscle, and meat quality of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(4), 550-562.
- Rabelo, C. H. S., Basso, F. C., Lara, E. C., Jorge, L. G. O., Härter, C. J., Mari, L. J., & Reis, R. A. (2017). Effects of *Lactobacillus buchneri* as a silage inoculant or probiotic on in vitro organic matter digestibility, gas production and volatile fatty acids of low dry-matter whole-crop maize silage. *Grass and Forage Science*, 72(3), 534-544.
- Teixeira, R. N. V., Carlos, E. P., Hamilton, K., Bruno, B. D., & Tiago, N. P. V. (2018). Productive capacity of *Brachiaria brizantha* (Syn. *Urochloa brizantha*) cv. Marandu subjected to liming and nitrogen application. *African Journal of Agricultural Research*, 13(36), 1901-1906.
- Resende, A. V. D., & Kondo, M. K. (2001). Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. *Informe Agropecuário*, 22(210), 46-56.
- Ribas, W. F. G.; Monção, F. P.; Rocha Júnior, V. R.; Maranhão, C. M. A.; Ferreira, H. C.; Santos, A. S.; Gomes, V. M. and Rigueira, J. P. S. 2021. Effect of wilting time and enzymaticbacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS capiaçu grass silage. *Revista Brasileira de Zootecnia* 50:e20200207. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200207>
- Rigueira, J. P., Pereira, O. G., Ribeiro, K. G., Valadares Filho, S. D. C., Cezário, A. S., Silva, V. D., & Agarussi, M. C. (2017). Silage of marandu grass with levels of stylo legume treated or not with microbial inoculant. *Journal of Agricultural Science*, 9(9).
- Santos, E. R., Dubeux Jr, J. C., Mackowiak, C., Blount, A., Sollenberger, L. E., DiLorenzo, N., ... & Pereira-Neto, J. D. (2018). Root-rhizome mass and chemical composition of bahiagrass and rhizoma peanut monocultures compared with their binary mixtures. *Crop Science*, 58(2), 955-963.
- Seiffert, N. F., & Zimmer, A. H. (1988). Contribución de *Calopogonium mucunoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales*, 10(3).

- Siegfried, R., Ruckemann, H., & Stumpf, G. (1984). Method for the determination of organic-acids in silage by high-performance liquid-chromatography. *Landwirtschaftliche Forschung*, 37(3-4), 298-304.
- Soundharrajan, I., Park, H. S., Rengasamy, S., Sivanesan, R., & Choi, K. C. (2021). Application and Future Prospective of Lactic Acid Bacteria as Natural Additives for Silage Production—A Review. *Applied Sciences*, 11(17), 8127.
- Souza, S. O., Santana, J. O. S. É., & Shimoya, A. L. D. O. (2002). Comportamento de gramíneas forrageiras tropicais isoladas e em associação com leguminosas na região norte-fluminense. *Revista Ciência e Agrotecnologia. Edição especial*, 1554-1561.
- St. Luce, M., Gouveia, G. G., & Eudoxie, G. D. (2017). Comparative effects of food processing liquid slurry and inorganic fertilizers on tanner grass (*Brachiaria arrecta*) pasture: grass yield, crude protein and P levels and residual soil N and P. *Grass and Forage Science*, 72(3), 401-413
- Tian, J., Yin, X., & Zhang, J. (2022). Effects of wilting during a cloudy day and storage temperature on the fermentation quality and microbial community of Napier grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Valentim, J. F. (2010). Outras leguminosas forrageiras de importância econômica para a pecuária Brasileira. *FONSECA, DM da.; MARTUSCELLO, JA Plantas Forrageiras. Viçosa: Ed. UFV*, 430-439.
- Waldo, D. R., Smith, L. W., & Cox, E. L. (1972). Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of dairy science*, 55(1), 125-129.
- Wambacq, E., Vanhoutte, I., Audenaert, K., De Gelder, L., & Haesaert, G. (2016). Occurrence, prevention and remediation of toxigenic fungi and mycotoxins in silage: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(7), 2284-2302.
- Wen, B., Xiao, W., Mu, Q., Li, D., Chen, X., Wu, H., ... & Peng, F. (2020). How does nitrate regulate plant senescence?. *Plant Physiology and Biochemistry*, 157, 60-69.
- Woolford, M. K. (1984). *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc..
- Yan, Y., Li, X., Guan, H., Huang, L., Ma, X., Peng, Y., ... & Zhang, X. (2019). Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn stover and lactic acid bacteria. *Bioresource technology*, 279, 166-173.
- Zegler, C. H., Brink, G. E., Renz, M. J., Ruark, M. D., & Casler, M. D. (2018). Management Effects on Forage Productivity, Nutritive value, and legume persistence in rotationally grazed pastures. *Crop Science*, 58(6), 2657-2664.
- Zhao, X., Wang, S., & Xing, G. (2015). Maintaining rice yield and reducing N pollution by substituting winter legume for wheat in a heavily-fertilized rice-based cropping system of southeast China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 79-89.
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., ... & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(4), 2782-2858.